



Les anciennes modélisations de l'univers et les représentations des enfants

Élodie Gasselin

► To cite this version:

Élodie Gasselin. Les anciennes modélisations de l'univers et les représentations des enfants. Education. 2014. dumas-01155358

HAL Id: dumas-01155358

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01155358>

Submitted on 26 May 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MEMOIRE DE RECHERCHE

Les anciennes modélisations de l'univers et les représentations des enfants

dans le cadre de l'Enseignement d'Approfondissement :

Histoire des sciences et des techniques

GASSELIN Elodie

Master 2 MEEF-EPD

Année Universitaire 2013/2014

ESPE des Pays de la Loire

Site du Mans

Directeurs de Mémoire

BÉNARD Dominique

CAILLEAU Catherine

Sommaire

Introduction	3
Remerciements	4
I-Cadre théorique.....	5
1) Histoire de l’astronomie	5
a) L’astronomie babylonienne	5
b) L’astronomie des Egyptiens	5
c) L’astronomie grecque	6
d) La révolution copernicienne	12
e) Tycho Brahe et Kepler.....	17
f) Galilée.....	18
g) L’attraction Universelle de Newton	21
2) Les représentations des enfants de notre système solaire.....	22
a) Qu’est-ce qu’une représentation ?	22
b) D’où viennent les conceptions initiales des enfants?	22
c) L’importance de les utiliser et comment les faire émerger	23
d) Représentation d’élèves de CP	24
II-Cadre opératoire	27
1) Séance d’astronomie en CM2 réalisée par une étudiante de M2	27
a) Ses fiches de préparation	28
b) Constatations et analyse.....	28
2) Séances d’histoire de l’astronomie en CM2.....	29
a) Fiches de préparation.....	30
b) Résultats et analyse.....	30
c) Conclusion	36
3) Séquence d’histoire de l’astronomie en CE2	37
4) Conclusion.....	43
Annexes	44
Bibliographie organisée.....	66

Introduction

Le ciel m'a toujours passionné, j'ai toujours été intriguée par les étoiles et les planètes. Nous sommes si petits face à une telle immensité ! Mais j'ai toujours trouvé tous les phénomènes du ciel très complexes. Vu de la Terre, nous n'avons même pas la vision adéquate, elle nous trompe. En effet, nous pourrions croire en regardant le Soleil se lever, se déplacer et se coucher dans le ciel au cours d'une journée, que ce dernier tourne autour de la Terre, comme le pensent encore de nombreuses personnes et enfants aujourd'hui. Or, nous savons depuis quelques siècles que c'est la Terre qui tourne autour du soleil. Mais nous avons beau avoir appris à l'école le système héliocentrique, beaucoup, de nos jours croient encore au système géocentrique, qui refait alors surface. Il n'est donc pas évident de rompre avec ces connaissances qui nous paraissent si évidentes parce qu'elles semblent correspondre à ce que nous voyons. Comment arriver à briser ces représentations qui sont pourtant si rationnelles ? Les anciens eux aussi ont longtemps pensé que le soleil tournait autour de nous et étaient pourtant considérés comme de grands penseurs. Qu'est-ce qui nous empêcherait de passer par l'histoire des sciences et plus particulièrement de l'astronomie pour faire basculer et surmonter ces conceptions initiales ? Nous pourrions retracer l'histoire, voir au fil du temps, comment nos ancêtres pensaient, comment ils imaginaient notre système, comment cela a évolué et grâce à quoi ? Est-ce qu'ils arrivaient à expliquer le système des saisons, l'alternance jour/nuit et autres phénomènes avec le système géocentrique ? Peut-être qu'en partant de la représentation des enfants et donc des représentations de nos ancêtres qui sont finalement les mêmes, en suivant leur histoire, nous pourrions amener les enfants à comprendre et assimiler une bonne fois pour toute notre système actuel ? La majorité des enfants pensent que c'est la Terre qui est au centre de l'univers et que le soleil tourne autour d'elle. Leur idée n'est pas si « bête », elle est même défendable. En effet, les anciens chercheurs y croyaient aussi et cette réflexion était déjà poussée pour leur époque alors qu'ils n'avaient pas toutes les sources et tout le matériel dont on dispose aujourd'hui. Je pense qu'il peut être intéressant de passer par l'histoire de l'astronomie, cela montrerait aux enfants que « tout ne s'est pas fait comme cela », qu'il y a eu des siècles de recherches, des gens qui ont risqué leur vie en établissant un nouveau modèle et même certains qui ont péri. Cela serait une nouvelle façon d'aborder les choses, d'habitude on leur dit que ce qu'ils pensent est faux et on leur donne directement la version actuelle sans même faire référence à tous ceux qui ont

participé à l'élaboration du savoir que nous avons aujourd'hui. De plus, je me suis aperçue que c'était seulement depuis le bulletin officiel n°1 du 5 janvier 2012 que l'histoire de l'astronomie est entrée dans les programmes : dans la rubrique 'Le ciel et la Terre' au cours moyen de première année : « Connaître la contribution de Copernic et Galilée à l'évolution des idées en astronomie ». Avant ce texte aucune allusion à l'histoire de l'astronomie n'avait jamais été faite. En parcourant ce chemin historique avec eux j'espère qu'ils comprendront et assimileront mieux ce système et que leur représentation initiale ne reprendra pas le dessus.

Toutes ces interrogations et ces pistes de recherches m'ont amené à la problématique suivante :

Dans quelle mesure peut-on utiliser l'histoire de l'astronomie pour aider les élèves de l'école élémentaire à comprendre et assimiler la notion de l'héliocentrisme ?

Remerciements

Avant de présenter mon travail, je tenais à remercier Mme Cailleau, ma directrice de mémoire PEMF qui m'a toujours soutenue et guidée dans mes recherches et qui a su prendre de son temps pour lire et commenter les ébauches de mon mémoire depuis deux ans. Je voulais également la remercier de m'avoir accueillie dans sa classe en juin 2013 pour que je puisse réaliser mon cadre opératoire avec ses CM2.

Je voulais également remercier M. Bénard, maître de conférences à l'université du Maine, qui a su présenter un cours d'histoire de l'astronomie clair et complet dans le cadre de l'histoire de sciences à l'IUFM en 2013 et qui m'a consacré de son temps pour me réexpliquer certains points. Cela m'a permis de mieux comprendre *L'Histoire de l'Astronomie* de Verdet.

I-Cadre théorique

1) Histoire de l'astronomie¹

Faisons un voyage dans le passé afin d'essayer de comprendre les différentes pensées, les différents moyens matériels que les anciens avaient à leur disposition et leurs évolutions à travers le temps. Il est tout de même important de préciser que l'histoire de l'astronomie a très certainement commencé avant les babyloniens et les égyptiens. Nous ne possédons aucune trace antérieure mais ce n'est pas pour autant qu'il ne s'est rien passé.

a) L'astronomie babylonienne

Nous pouvons remonter jusqu'à l'époque des babyloniens, peuple vivant entre le Tigre et l'Euphrate aux alentours du II^e millénaire av J-C. En effet, nous avons retrouvé des tablettes d'argile astronomiques datant de 1800 avant J-C. Les babyloniens avaient établi des tables de mouvements des astres grâce à leurs observations et leurs calculs. Ils étaient capables de prévoir les éclipses de Soleil et de Lune mais ils ne pouvaient pas dire si elles seraient visibles en un lieu donné. Ils ont fondé leur calendrier sur le mouvement de la Lune grâce à une bonne description du mouvement de cette dernière, du Soleil et des planètes : c'est le calendrier luni-solaire. L'année commençait autour de l'équinoxe de printemps et leurs mois avec l'apparition du nouveau croissant. Les douze mois lunaires de l'année étaient irréguliers, ils comptaient 29 ou 30 jours, et afin de maintenir le calendrier en phase avec les saisons, il pouvait arriver que les babyloniens insèrent un mois intercalaire.

b) L'astronomie des Egyptiens

Les égyptiens antiques s'intéressaient eux aussi aux étoiles. Ils observaient le ciel pour régler et organiser leurs pratiques humaines. Ils ont mis au point leur calendrier solaire et l'année égyptienne comptait déjà 360 jours répartis en 12 mois de 30 jours. Pour compenser le décalage des saisons naturelles et des saisons sociopolitiques, ils rajoutaient cinq jours à la fin de l'année. Les mois étaient regroupés quatre par quatre en trois « saisons » : les mois de l'inondation (qui annonçaient les crues du Nil), les mois de la germination et les mois de la récolte. Leur calendrier était donc environ un quart de jour plus court que le nôtre, ainsi que l'année « naturelle » et prenait donc un jour de retard tous les quatre ans (cependant, ce

¹ Cette page s'appuie essentiellement sur *L'Histoire de l'astronomie* de Verdet.
N°3 bibliographie historique

décalage pouvait sembler si infime que l'on peut se demander si ce peuple en était conscient ou non).

c) L'astronomie grecque²

Au temps de Méton (Ve siècle avant J-C), tous les calendriers grecs étaient luni-solaires, c'est-à-dire que les mois étaient théoriquement des mois lunaires dont le premier jour était marqué par la nouvelle lune alors que l'année était solaire. Aristote (IV^e siècle avant J-C) a été le premier, dans *le Traité du ciel*, à exposer une modélisation de l'univers (voir la figure 1 : La représentation du ciel décrite par Aristote). Ce qu'il dit est en fait la reprise des travaux des Pythagoriciens du VI^e siècle avant J-C, il n'a fait que synthétiser des choses qui ont été faites avant lui tout en y apportant cependant sa contribution personnelle.

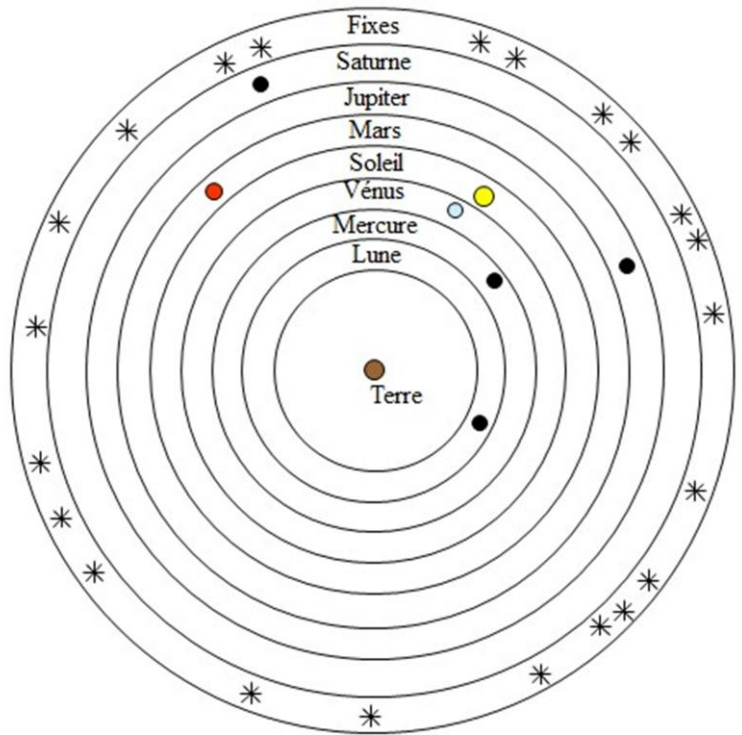


Figure 1 : La représentation du ciel décrite par Aristote

La Terre était immobile, non inclinée par rapport à l'écliptique et occupait le centre de l'univers. Autour d'elle, existait un ensemble de sphères emboîtées avec la Lune, Mercure, Vénus, le Soleil, Mars, Jupiter, Saturne et la dernière, celle où étaient suspendues les étoiles fixes qui englobait tout l'univers. C'est ce qu'ils ont appelé le **géocentrisme**.

Selon le traité d'Aristote toutes les sphères (y compris la sphère des étoiles fixes) tournaient en vingt-quatre heures autour de la Terre suivant le même axe (l'axe polaire) et avec la même période. Ce mouvement commun à toutes les sphères célestes était appelé : la **rotation diurne**. Il avait réussi à décrire ce mouvement tout simplement en regardant le soleil se lever tous les jours à l'est, puis parcourir le ciel jusqu'à aller se coucher à l'ouest et revenir après la nuit se lever à l'est et recommencer toujours la même trajectoire tout cela en vingt-quatre heures. De plus, les astres de la Lune à Saturne avaient un mouvement propre à eux-mêmes, sur un axe propre: c'est ce que l'on a appelé la **révolution propre**. Ce mouvement

² Informations et figure 1 issues du cours d'histoire de l'astronomie de M. Bénard

était donc propre à chaque sphère : la révolution propre de la Lune, qui était de 29 à 30 jours, n'était pas la même que celle du soleil qui avait, lui, une révolution annuelle. Il savait que Saturne n'était pas une étoile fixe car ce point lumineux n'était pas à la même position par rapport aux constellations. Il suffisait de regarder au cours de l'année où était la constellation et les différents astres au moment où le soleil se levait pour voir s'il y avait ou non un décalage. Mars et Jupiter se décalaient aussi parmi les constellations, elles ne pouvaient donc pas être des étoiles fixes, elles avaient alors aussi un mouvement de révolution. C'est donc en voyant ce décalage entre les planètes et les étoiles fixes qu'Aristote a pu décrire cette notion de révolution propre que les pythagoriciens avaient aussi observée. Mais nous pouvons nous demander comment est-ce qu'ils expliquaient que le soleil culmine plus haut en été qu'en hiver. Et bien les anciens grecs avaient la solution : le plan de révolution annuelle du soleil était incliné par rapport à l'équateur céleste de la Terre (correspondant à la rotation diurne). Ce plan de révolution annuelle du soleil était appelé : **l'écliptique**. Appuyons nous sur la figure 2 : le point central représente la Terre non inclinée par rapport à l'équateur céleste et fixe au centre, et le point jaune représente le soleil réalisant une rotation diurne journalière sur un plan toujours perpendiculaire à l'axe polaire décrivant donc un cercle ; et une révolution propre annuelle selon le plan de l'écliptique. Si le soleil n'avait pas eu de révolution propre, la trajectoire de ce dernier n'aurait décrit qu'un seul cercle sur le plan de l'équateur céleste. En y ajoutant la révolution annuelle sur le plan de l'écliptique, le soleil décrit une succession de cercle allant de bas en haut et de haut en bas indéfiniment et expliquant ainsi les saisons.

Pour résumer, selon ce que décrit Aristote, on pourrait décrire le mouvement du soleil lors de sa révolution propre en combinaison avec sa rotation diurne, comme une sorte de spirale montante et descendante en une année. Au solstice d'été, le soleil était au plus haut et au fur et à mesure de l'année il descendait. Il était au niveau de l'équateur céleste aux équinoxes, et au solstice d'hiver il était au plus bas. Puis en allant vers le printemps et l'été, il remontait. Tout ceci en un an et sans oublier sa rotation diurne journalière qui elle se faisait toujours suivant l'axe polaire, parallèle à l'équateur céleste.

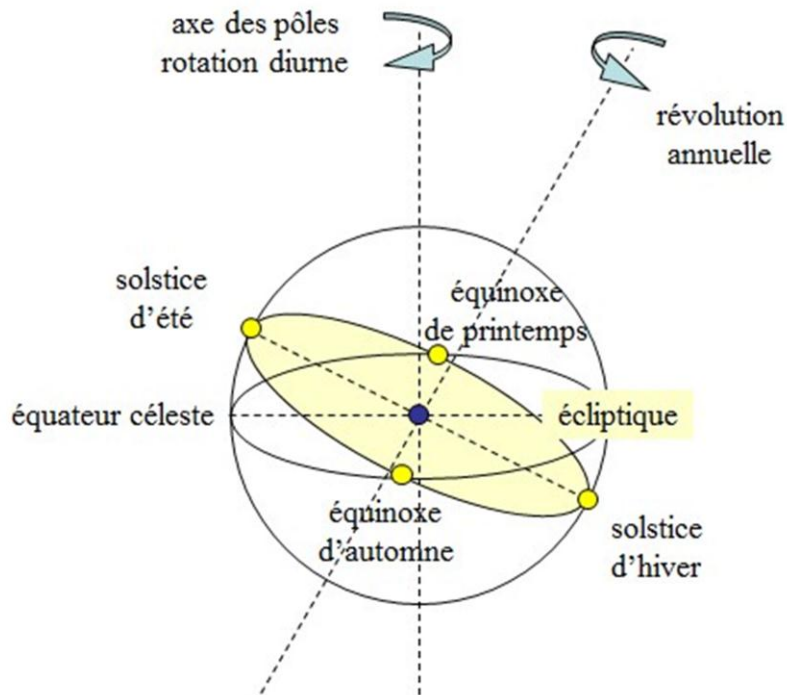


Figure 2 : Explication de la rotation diurne et de la révolution propre du soleil selon Aristote

Mais ce modèle se heurtait à un obstacle: les mouvements circulaires étaient uniformes donc nous avons des quarts de cercles entre les saisons, ce qui signifiait qu'avec cette représentation toutes les saisons étaient égales. Or, en réalité on s'était bien rendu compte depuis l'antiquité grecque et bien avant, que cela n'était pas le cas, qu'il y avait un petit décalage d'un ou deux jours.

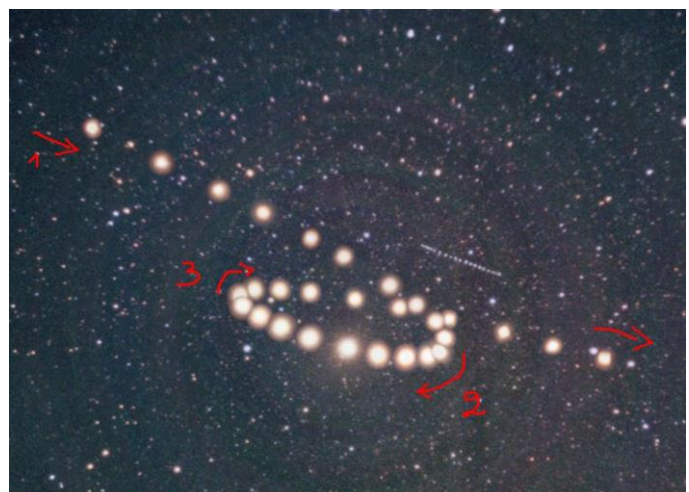
Revenons au mouvement propre à chaque planète qu'avait décrit Aristote. Cette révolution propre a posé de nombreux soucis. Prenons l'exemple de Mars : voici ci-dessous en figure 3, le mouvement de Mars observé dans le ciel.³

Figure 3 : Le mouvement de Mars observé dans le ciel ou la rétrogradation de Mars.

1 : Trajectoire de Mars d'Ouest en Est

2 : Trajectoire de Mars d'Est en Ouest

3 : Trajectoire de Mars de nouveau d'Ouest en Est



³ Informations, figures 2 et 3 issues du cours de M. Bénard

Sur cette photo, Mars semble graviter d'ouest en est, stationner, aller d'est en ouest puis retourner d'ouest en est. Lorsqu'elle revient sur ses pas, on dit qu'elle fait un mouvement contraire à son mouvement propre, c'est ce que l'on a appelé la **rétrogradation**. Ce mouvement a fait poser de nombreuses questions à nos ancêtres. Comment pouvait-on expliquer ce mouvement ? Comment était-ce possible ?

Eudoxe de Cnide, un contemporain d'Aristote, a été le premier à élaborer une réponse à cet étrange phénomène grâce à sa théorie des sphères homocentriques. Pour lui, le mouvement des fixes n'exigeait qu'une seule sphère, ceux du soleil et de la lune en exigeaient chacun trois et ceux de certaines planètes, quatre. Soit au total, l'univers était composé de vingt-sept sphères concentriques emboîtées. Quatre sphères emboîtées les unes dans les autres portaient alors une planète. En effet, un corps ne pouvait pas supporter plus d'un seul mouvement. C'est pourquoi Eudoxe de Cnide a ajouté plusieurs sphères pour chaque planète, une sphère portant un mouvement différent. La planète était donc soumise aux mouvements de chaque sphère qui l'entourait. La sphère la plus excentrique correspondait à la rotation diurne commune aux quatre sphères, la suivante correspondait à la révolution propre de cette planète commune aux trois sphères et les deux sphères d'en dessous avaient des mouvements de rotation qui leur étaient propres. Ainsi par la combinaison des mouvements de chaque sphère, il expliquait la rétrogradation des planètes (voir figure 4). Mais pour faire des calculs et des prévisions, cette solution était très compliquée.⁴

Eudoxe de Cnide

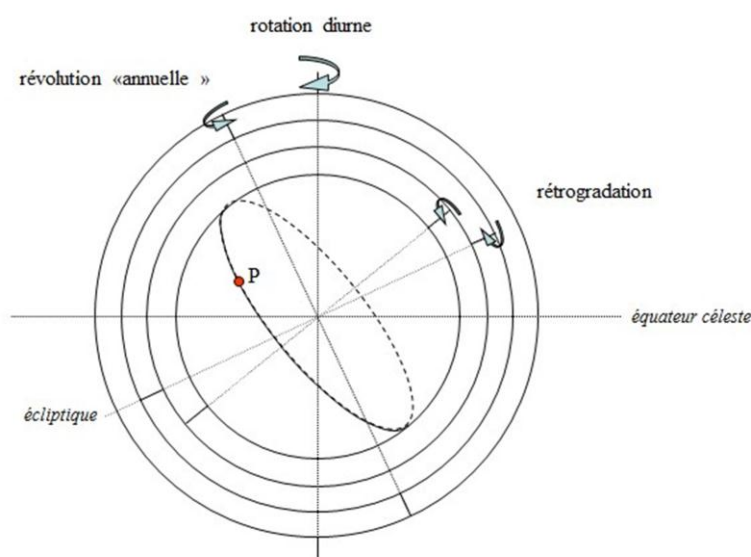


Figure 4 : Explication de la rétrogradation des planètes selon Eudoxe de Cnide

⁴ Eléments issus du cours de M. Bénard

Claude Ptolémée (II^{ème} siècle après J-C), lui, va expliquer la rétrogradation des planètes par la **théorie des épicycles** développée dans *l'Almageste* (ou *Composition Mathématique*). Il y explique aussi sa théorie géocentrique. Les épicycles ont été inventés avant Ptolémée mais c'est seulement dans son ouvrage qu'on les a connus. Il décrit que les planètes tournaient sur un petit cercle appelé : l'épicycle et que ce dernier tournait sur un autre cercle autour de la Terre : le déférent (voir figure 5 ci-dessous). Ainsi en décomposant le mouvement à la fois de la planète sur l'épicycle et de l'épicycle sur le déférent, on obtenait la trajectoire suivante.

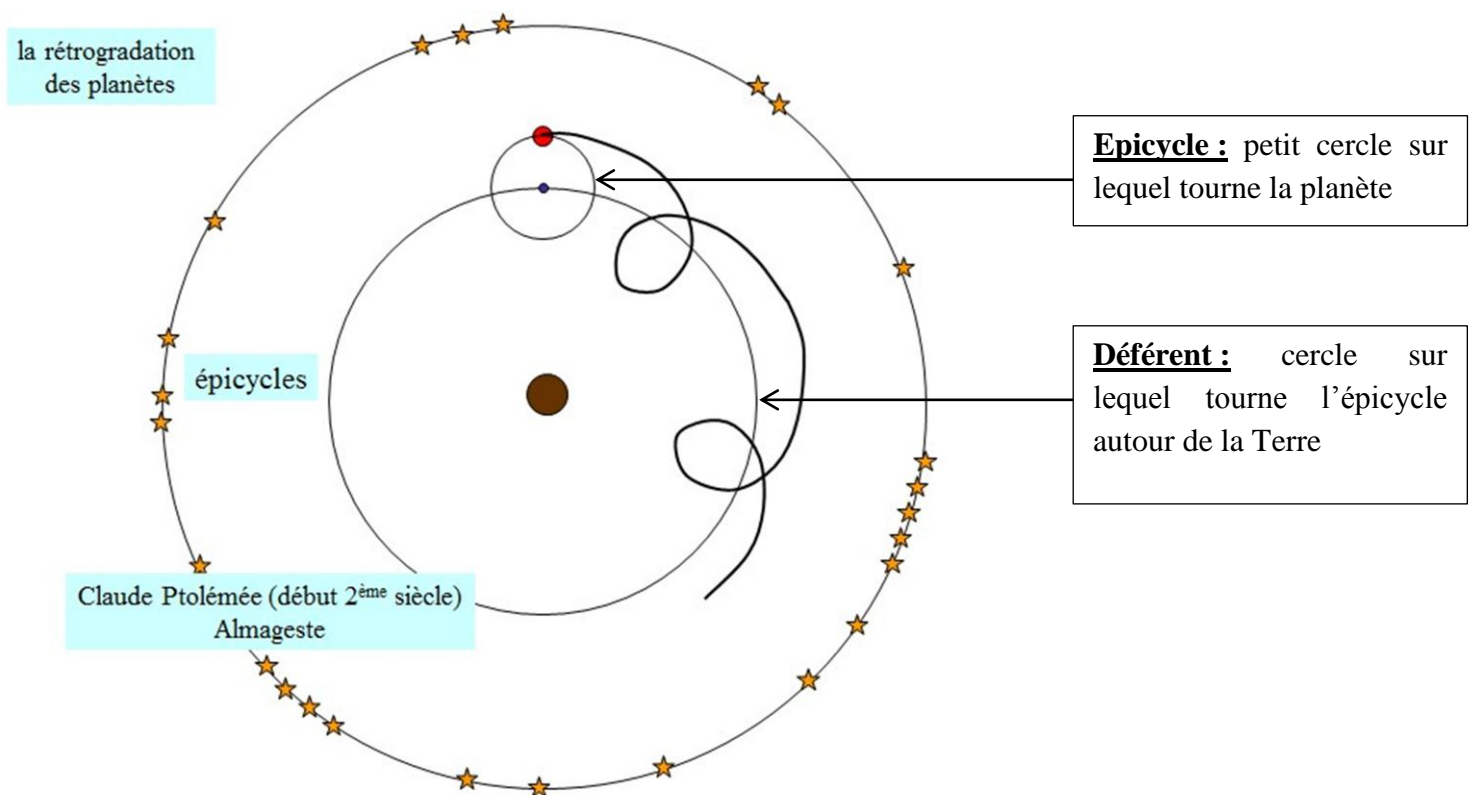


Figure 5 : Explication de la rétrogradation des planètes selon Claude Ptolémée

Mais ce phénomène était problématique pour le système géocentrique car il remettait en cause le mouvement circulaire « parfait » des astres. De plus, Ptolémée croyait en la corporéité des sphères c'est-à-dire qu'il pensait que la course des planètes s'effectuait sur des sphères qui existaient vraiment. Ce modèle était donc en contradiction avec cette conviction et il en avait tout à fait conscience.⁵

⁵ Éléments issus du cours de M. Bénard

Aristote faisait la distinction entre deux zones du cosmos : le monde sublunaire et le monde supralunaire (figure 6).⁶

Le sublunaire est une zone à l'intérieur de la Lune où se trouve la Terre, c'est un monde soumis au temps, au changement, à la naissance, à la vie et à la mort, c'est un monde imparfait où il existe des mouvements naturels et des mouvements contre-nature ainsi que des mouvements rectilignes. La Terre est sphérique mais imparfaitement sphérique. La Terre est un corps lourd et va donc aller naturellement vers le bas, vers le centre du cosmos. C'est une propriété interne au corps. Un corps lourd est au repos au centre du monde. La cause d'un mouvement forcé, violent, ne peut pas être interne au corps. Ce qui oblige un corps lourd à monter a forcément une cause extérieure.

Le monde supralunaire est une zone au-delà de la précédente, qui est au contraire un monde éternel et parfait, les corps, tels la Lune et les étoiles, ne sont ni lourds ni légers, ils ne se rapprochent jamais du centre et ne s'en éloignent jamais. Ils ont un mouvement circulaire uniforme, considéré comme seul mouvement possible pour ces astres. Les corps célestes ne se désagrègent pas, il n'y a ni naissance, ni mort. C'est le monde de la permanence. Les corps dans ce monde sont sphériques, ils ont la perfection d'un corps fini, on parle de quintessence.

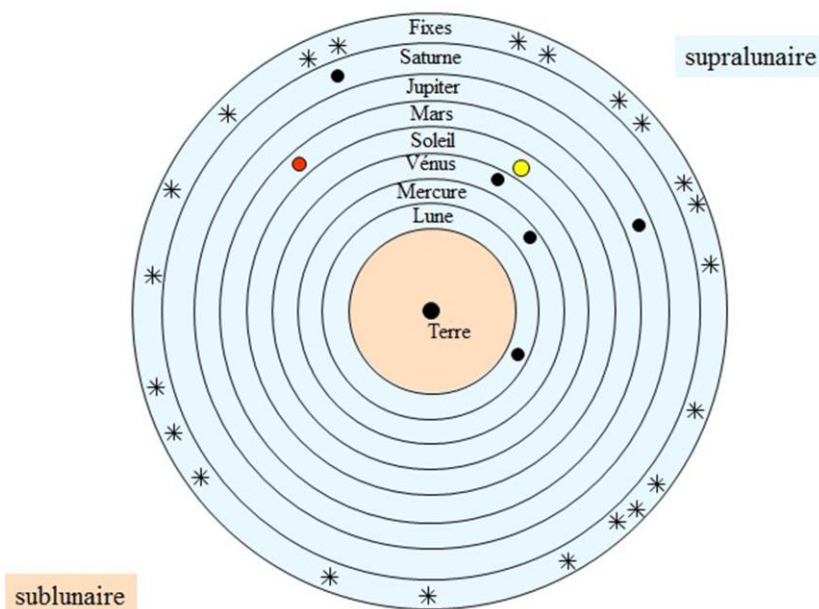


Figure 6 : Les mondes sublunaire et supralunaire selon Aristote

La théorie géocentrique aura tout de même dominé jusqu'à la fin du XVe - début du XVIe siècle même si elle était critiquée.

⁶ Eléments issus du cours de M. Bénard

d) La révolution copernicienne⁷

Nicolas Copernic (1473-1543), célèbre astronome polonais, avait imaginé un tout autre système : le soleil est au centre du cosmos et les planètes (dont la Terre) gravitent autour de lui. C'est le **système héliocentrique** (figure 7) ⁸. La Terre devient donc mobile de deux manières :

-la rotation diurne des autres planètes devient le mouvement de la Terre sur elle-même autour de son axe, d'ouest en est.

-la révolution annuelle du soleil devient la révolution de la Terre en un an autour du Soleil.

Le soleil, lui, devient donc immobile, ainsi que l'orbe des étoiles fixes. Les révolutions propres des autres planètes autour de la Terre deviennent les révolutions propres autour du soleil. La Lune en revanche poursuit toujours sa révolution autour de la Terre. Mais Copernic croyait toujours en la corporéité des sphères, aux corps célestes fixés sur des sphères dans l'idée que le monde est plein, qu'il n'y a pas de vide.

Nicolas Copernic
1543

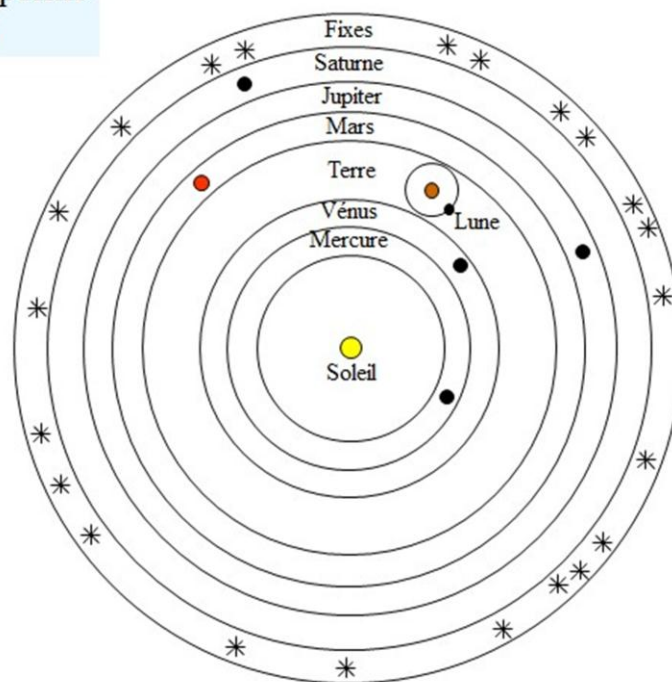


Figure 7 : Modélisation du système héliocentrique de Copernic

⁷ Informations issues de *L'Histoire de l'astronomie* de Verdet et du cours de M. Bénard

⁸ Figure issue du cours de M. Bénard

Tout ceci est développé dans son ouvrage : *Des révolutions des orbes célestes* publié en 1543 à Nuremberg l'année de sa mort grâce à l'intervention de son élève Georg Joachim Rheticus et de l'évêque de Chelmo, Tiedemann Giese, un ami de Copernic. Cet ouvrage a eu autant d'importance que *L'Almageste* de Ptolémée mais il était à l'époque contraire aux Ecritures Saintes. Rheticus a écrit un compendium : *Narratio prima*, avant la parution de celui de Copernic, où il reprend les théories de son maître. On retrouve dans *De revolutionibus* des notions de trigonométrie, un catalogue d'étoiles, Copernic traite du mouvement apparent du Soleil, du mouvement de la Lune et de la théorie des éclipses, ainsi que du mouvement des planètes. Il aborde la sphéricité des astres dont la Terre, il rappelle que tous les astres sont animés de mouvements circulaires. Il dit alors que si la Terre, comme le ciel et comme tous les astres, est sphérique, et que si les astres sont animés de mouvements circulaires, pourquoi la Terre n'aurait-elle pas ce même mouvement circulaire ? Il prend Aristote à son propre piège, puisque ce dernier avait affirmé que si la Terre avait un mouvement, elle pouvait en avoir plusieurs et puisque Copernic venait de lui prêter la rotation sur elle-même, il fallait donc admettre que la Terre tournait autour du soleil comme tous les autres astres connus à cette époque.

*De plus, Copernic avait de très bons arguments en faveur de sa théorie.

Les phases de Vénus par exemple s'expliquaient très bien dans son système héliocentrique alors qu'elles ne s'expliquaient pas du tout dans le système géocentrique⁹.

De même pour la rétrogradation des planètes : nous avons vu précédemment qu'Eudoxe de Cnide et Ptolémée avaient tenté de donner des explications à ce phénomène dans le système géocentrique, avec les sphères homocentriques et les épicycles, qui s'avéraient alors très compliquées. Dans le système héliocentrique de Copernic, l'explication semblait beaucoup plus simple et rationnelle. En effet, la rétrogradation des planètes supérieures continuait toujours puisque la Terre tourne plus vite que Mars. Nous pouvons voir sur la figure 8 que vu de la Terre la trajectoire de Mars varie par rapport aux étoiles fixes.

⁹ Vous trouverez plus de précisions sur les phases de Vénus dans la partie f) de Galilée

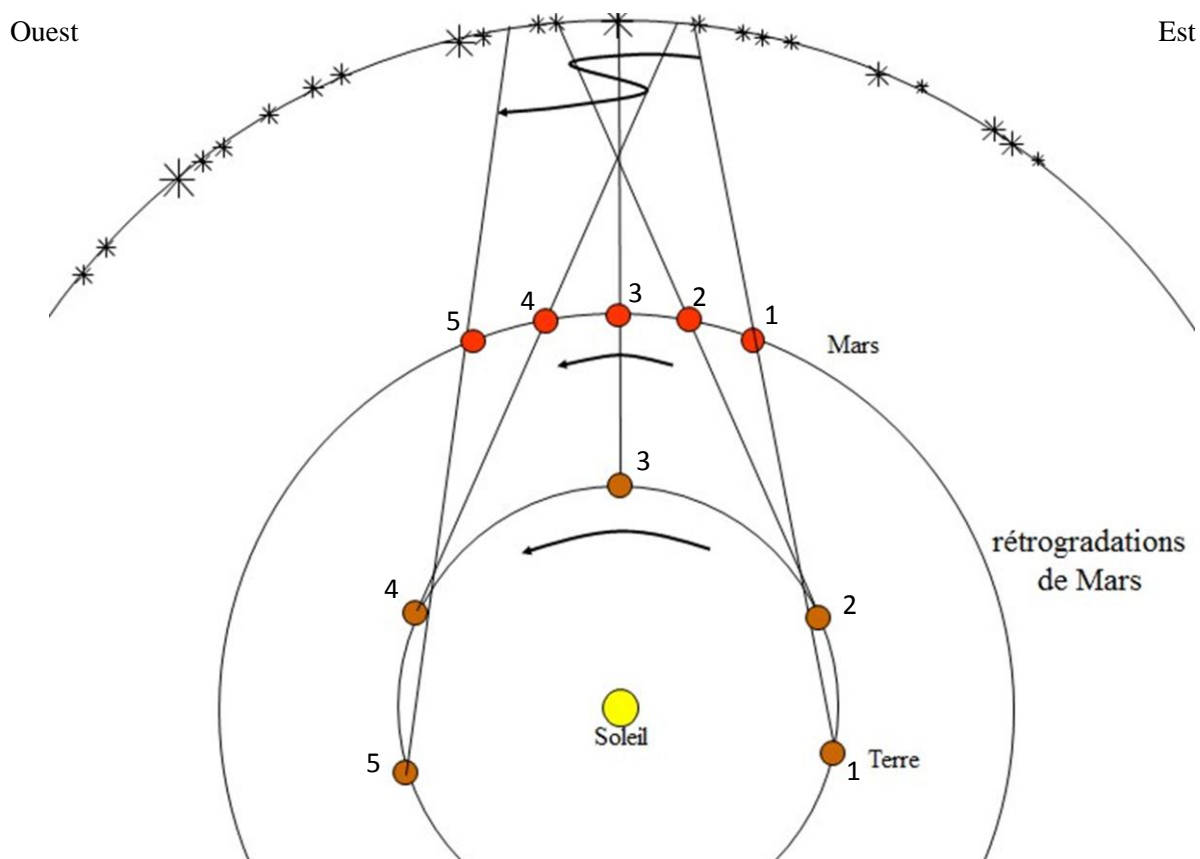


Figure 8 : La rétrogradation de Mars dans le système héliocentrique

Nous voyons la Terre et Mars dans cinq positions successives numérotées de 1 à 5. Les cinq lignes de visée correspondent à la position de la planète Mars depuis la Terre dans les cinq positions successives. Ces lignes de visée vont jusqu'aux étoiles fixes. Nous voyons donc Mars par rapport aux étoiles fixes vue depuis la Terre. Entre les positions 1 et 2, Mars se déplace dans un sens (vers l'ouest sur le schéma), entre les positions 2 et 4, elle se déplace dans un autre sens vu depuis la Terre (vers l'est sur le schéma) et Mars repart dans l'autre sens entre les positions 4 et 5. La rétrogradation correspond donc au mouvement relatif de Mars vu depuis la Terre par rapport aux étoiles fixes alors que la Terre est elle-même en mouvement. Le mouvement apparent de Mars est donc la combinaison du mouvement de cette dernière et de la Terre.

Cette explication semblant plus réaliste, la rétrogradation des planètes a donc été un élément en faveur du système de Copernic.¹⁰

¹⁰ Figure 8 issue du cours de M. Bénard

*¹¹Mais il existait aussi des arguments qui allaient à l'encontre de la théorie de Copernic.

La parallaxe des étoiles par exemple était en opposition avec la révolution annuelle de la Terre autour du Soleil.

En effet, on observe la même étoile depuis les deux points A et B situés de façon opposée par rapport au soleil. La mesure des angles α et β devrait être différente. Or, aucun astronome n'a observé une différence dans la mesure de ces angles. Ils sont donc égaux et cela signifie que les deux droites sont parallèles. Si les angles de visée sont parallèles, ils ne peuvent donc pas se rejoindre à l'étoile. Il est donc impossible que la Terre tourne autour du soleil.

La parallaxe des étoiles a donc été un argument contre l'héliocentrisme.

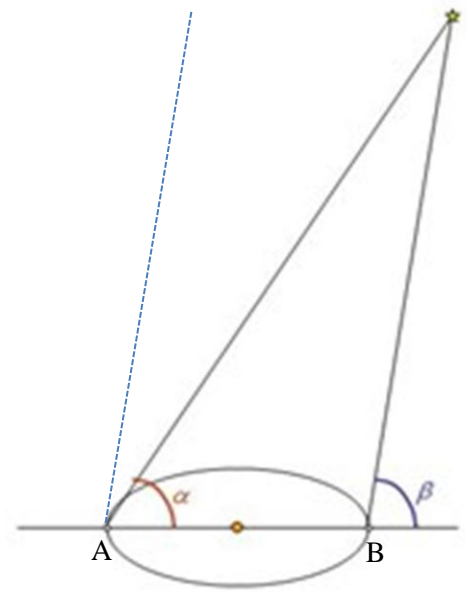


Figure 9 : Révolution annuelle de la Terre et parallaxe des étoiles

Un autre argument : l'argument de la tour, a été élaborée contre de la théorie de la rotation diurne de la Terre de Copernic (figure 10).

Rotation diurne de la Terre et chute des corps

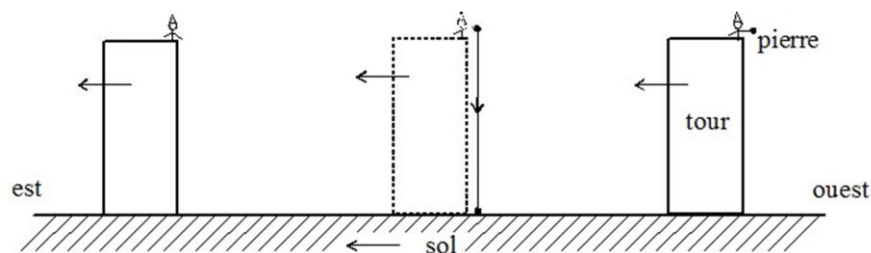


Figure 10 : Argument de la tour contre la rotation diurne de la Terre

¹¹ Eléments issus du cours de M. Bénard

¹²D'après cette expérience, on lâche une pierre du haut d'une tour. L'expérience sensible montre que la pierre rase la tour et tombe au pied de cette dernière. Si on prend en considération la théorie de Copernic, le temps que la pierre tombe, la Terre continue à tourner d'ouest en est, et la pierre devrait donc tomber loin de la tour. Plus précisément, la Terre tournant sur elle-même en parcourant 40 000km en 24 heures, le sol se déplaçant d'ouest en est, la pierre devrait donc tomber à plus de 900m de la tour. Or la pierre tombe verticalement au pied de la tour en rasant la paroi ouest de la tour comme nous le savons tous. La pierre suit son mouvement naturel et va en ligne droite vers le sol. La pierre devrait tomber loin de la tour si la Terre bougeait, donc cette hypothèse est fausse : la Terre ne tourne pas sur elle-même, elle ne bouge pas. L'expérience de la tour fut donc un argument fort contre la rotation diurne.

Tous ces arguments scientifiques peuvent expliquer pourquoi l'astronomie était toujours dominée par l'œuvre de Ptolémée à l'époque de Copernic. Cette domination durait depuis quatorze siècles. La cosmologie de Ptolémée était tributaire d'une physique qui l'avait précédé de cinq siècles, celle d'Aristote, physique de bon sens, issue d'un certain vécu et de logique. Giordano Bruno (1548-1600), philosophe italien, fut brûlé, en partie pour avoir soutenu cette même théorie héliocentrique. Nous pouvons donc bien imaginer la pression qui pouvait être exercée par l'Eglise à l'époque. Personne n'avait le droit de remettre en question le système géocentrique. La Terre était au centre de l'Univers, ce n'était pas possible autrement pour eux. Dieu avait créé l'homme, donc l'Homme était forcément au centre du monde. Ceux qui pensaient le contraire étaient accusés d'hérésie par l'Inquisition.

Les arguments théologiques et les arguments scientifiques très forts contre la théorie de Copernic sont donc à l'origine de la mise à l'écart de cette théorie qui ne s'est donc pas imposée d'elle-même.

Copernic aura donc été le premier à contredire deux grands maîtres de l'astronomie et à avoir ouvert une porte qui servira à ses successeurs...

¹² Eléments issus du cours de M. Bénard

e) Tycho Brahe et Kepler

Tycho Brahe (1546-1601), astronome danois, a refusé la théorie de Copernic. En effet, pour lui, la Terre était toujours au centre de l'univers, les autres planètes tournaient autour du soleil pendant que ce dernier gravitait autour de la Terre. Il avait proposé un système du monde intermédiaire entre celui de Ptolémée et celui de Copernic en quelque sorte. Héraclide du Pont (IV^{ème} siècle avant J-C) avait imaginé un système s'en rapprochant : Mercure et Vénus tournaient autour du soleil pendant que ce dernier tournait autour de la Terre.

Johannes Kepler (1571-1630), astronome allemand, a découvert en étudiant le mouvement de Mars que cette planète décrivait une ellipse dont le soleil occupait l'un de ses foyers (F1 sur la figure 11). Ainsi est née la première loi de Kepler : « les planètes se déplacent autour du soleil sur des orbites elliptiques » et non plus sur des cercles; puis la deuxième : « en des temps égaux, le rayon vecteur qui joint le soleil à une planète balaie des surfaces égales ». Si nous prenons la figure 12, entre A et B et entre C et D, il s'écoule le même temps, donc l'aire balayée entre ces deux surfaces est la même. C'est à partir de 1619 que l'on verra la troisième loi de Kepler : « les cubes des grands axes sont proportionnels aux carrés des périodes ». Les lois de Kepler procureront à Newton les meilleurs indices de la loi de la gravitation universelle.¹³

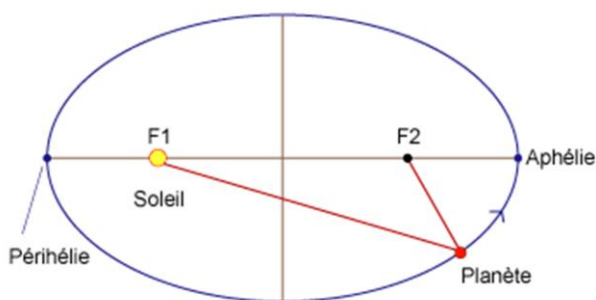


Figure 11 : 1^{ère} loi de Kepler

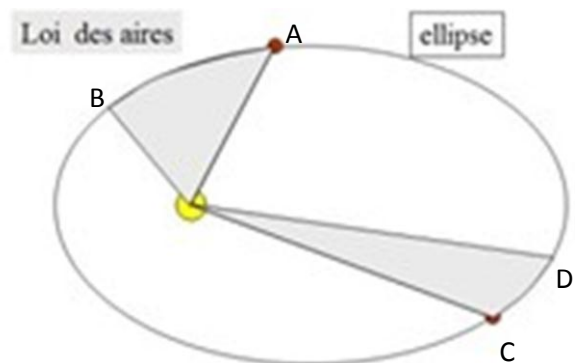


Figure 12 : 2^{ème} loi de Kepler

¹³ Eléments issus de *l'Histoire de l'astronomie* de Verdet et du cours de M. Bénard

f) Galilée¹⁴

Galilée (1564-1642), astronome, physicien et mathématicien italien, grâce à sa lunette astronomique (invention d'artisans hollandais qu'il a améliorée), a pu apporter des éléments allant dans le sens de la théorie de Copernic. Elle pouvait grossir entre quinze et vingt fois plus. Il a découvert en observant la Lune que sa surface n'était pas totalement sphérique contrairement à ce qu'avait énoncé Aristote (figure 13¹⁵). La Lune possédant des montagnes et des vallées était alors imparfaitement sphérique et ne pouvait plus appartenir au monde supralunaire qu'avait décrit Aristote.

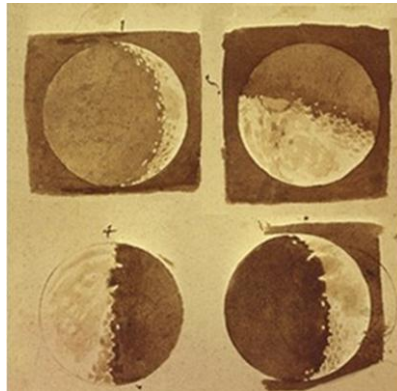


Figure 13 : Croquis de la surface de la Lune par Galilée

Il a aussi pu observer que dans le ciel il y avait beaucoup plus d'étoiles que ce que l'on pouvait voir à l'œil nu. Il a découvert en janvier 1610 que Jupiter était accompagnée de « trois étoiles » puis quelques jours plus tard il en voyait quatre. Les quatre compagnes de Jupiter semblaient tourner autour d'elle. Il venait de découvrir les satellites de Jupiter (figure 14).¹⁶

7 janvier

Ori. * * ○ * Occ.

8 janvier

Ori. ○ * * * Occ.

15 janvier – troisième heure

Ori. ○ * * * * Occ.

Figure 14 : Schéma des « étoiles » accompagnant Jupiter par Galilée

¹⁴ Informations issues de *l'Histoire de l'astronomie* de Verdet et du cours de M. Bénard

¹⁵ Image issu du manuscrit de Galilée

¹⁶ Image issu du *Messenger des Etoiles* de Galilée

Puis il a observé les anneaux de Saturne qu'il croyait être deux satellites à cause des premières lunettes astronomiques pas encore assez performantes (figure 15). Et enfin, il a observé des phases de Vénus analogues à celles de la Lune (figure 16).¹⁷



Figure 15

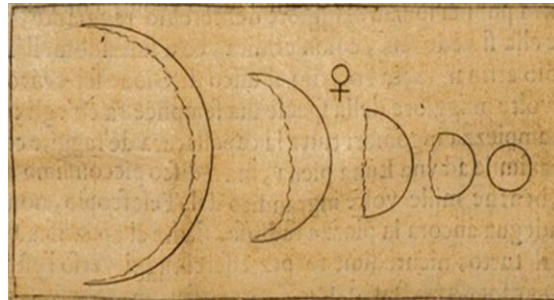


Figure 16 :
Les phases de
Vénus

Cette dernière découverte a été capitale : ceci prouvait que Vénus était tantôt derrière le soleil, tantôt devant, Vénus tournait donc autour du soleil et cela confirmait le système de Copernic. Cela ne pouvait pas s'expliquer dans le système géocentrique mais s'expliquait très bien dans le système héliocentrique. De plus, quant aux satellites de Jupiter, si on reste dans le système géocentrique, cela signifiait qu'il y avait alors deux centres physiques de révolution : la Terre et Jupiter. Or Aristote affirmait qu'il n'y avait qu'un seul centre physique dans le monde ou s'il y en avait plus d'un alors il pourrait y en avoir une infinité. Donc cette théorie géocentrique perdait ainsi tout son sens. De plus, dans le système de Copernic il y avait la Lune qui tournait autour de la Terre mais maintenant nous savions aussi que Jupiter possédait des satellites, ce n'était donc plus une bizarrerie du système héliocentrique.

Il publia ses observations dans : *Sidereus nuncius* (*le Messager des étoiles*) en latin en 1610 pour décrire sa lunette et expliquer son fonctionnement et rendre compte de ses observations. Mais à l'époque ce n'était pas si simple, l'Eglise n'était pas prête à accepter une telle vérité puisqu'elle était contraire aux Ecritures Saintes et elle comptait bien discréditer toutes les découvertes de Galilée, en commençant par semer le doute en demandant pourquoi sa lunette astronomique aurait-elle donné une image fidèle du réel sachant que c'est un instrument qui modifie la vue? Ne serait-ce pas une fabrique d'illusions ? Galilée avait bien pris les anneaux de Saturne pour deux satellites. Le 26 février 1616, Galilée est convoqué à Rome par le cardinal Bellarmine qui lui ordonne de ne plus proclamer publiquement que le système de Copernic est vrai sinon on le considérera comme hérétique. Puis il publie en 1632 l'ouvrage: *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde* dans la langue quotidienne : l'Italien et non dans la langue savante (le latin) et va à l'encontre de sa promesse de 1616 de ne pas remettre en cause le système géocentrique et dans lequel il prend parti en faveur du

¹⁷ Figures issues du manuscrit de Galilée

système héliocentrique. En 1633, il est donc accusé d'hérésie et de parjure suite à la parution de cet ouvrage puisqu'il bouleversait toutes les anciennes croyances en matière d'astronomie. Il a comparu devant le tribunal pour avoir remis en question la vision du ciel de l'époque. Au dernier moment il a abjuré de peur de finir comme Giordano Bruno. Mais cela ne l'a pas empêché de publier *Discours sur deux sciences nouvelles* en 1638 malgré le fait qu'on lui ait interdit toute publication.

Dans ce dernier ouvrage, Galilée fournit une réponse à l'argument de la tour. Il explique que lors de la chute d'un corps, ce dernier est animé d'un double mouvement : un mouvement uniforme et un mouvement naturellement accéléré. Le mouvement naturellement accéléré décrit au cours de son déplacement une trajectoire semi-parabolique (figure 17) ¹⁸. Son mouvement étant commun à la rotation de la Terre explique pourquoi vu de la Terre, nous ne le percevons pas. Et le mouvement uniforme est le mouvement qui va naturellement vers le bas, vers le centre de la Terre dû à la gravité. Ceci répond donc à l'argument de la tour et justifie bien que la Terre tourne sur elle-même.

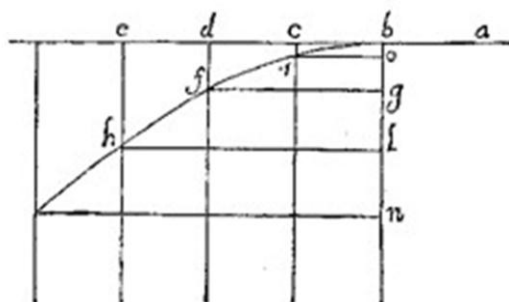


Figure 17 : Trajectoire semi parabolique du mouvement naturellement accéléré vers le bas

Après une polémique purement scientifique, ce sont des arguments théologiques qui prendront le dessus et empêcheront la diffusion immédiate du nouveau système.

Galilée, malgré sa contemporanéité avec Kepler, ne croira jamais aux mouvements elliptiques et restera persuadé que les planètes se déplaçaient sur des cercles.

¹⁸ Issu de *Discours sur deux sciences nouvelles* de Galilée

g) L'attraction Universelle de Newton¹⁹

Isaac Newton (1643-1727), astronome, physicien et mathématicien anglais, a, grâce aux lois de Kepler sur le mouvement des planètes, pu développer la théorie de la gravitation universelle qu'il explique dans *Les principes mathématiques de la philosophie naturelle* publié en 1687. C'est la loi décrivant la gravitation comme une force responsable de la chute des corps et du mouvement des corps célestes et de l'attraction entre deux corps (planètes, satellites) possédant une masse. La Terre tourne autour du Soleil donc la force qui agit sur la Terre est constamment dirigée vers le Soleil. La Lune tourne autour de la Terre, elle ne continue pas en ligne droite ce qui implique la force qui agit sur la Lune est constamment dirigée vers la Terre. La Terre attire la Lune, celle-ci devrait tomber vers la Terre, mais la Lune possède un mouvement linéaire uniforme c'est pourquoi elle ne s'écrase pas sur le sol mais reste en orbite autour de la Terre. Newton montrera alors que le mouvement des objets sur Terre (chute de la pomme par exemple) et des corps célestes sont gouvernés par les mêmes lois. C'est lui qui a donc expliqué pourquoi les planètes restent en gravitation autour du soleil et pourquoi la Lune tourne toujours autour de la Terre. Il a simplement démontré la loi des aires de Kepler. Pour lui l'intensité de la force ne joue aucun rôle mais c'est la direction de la force qui prime. La loi des aires pour Newton repose sur le principe d'Inertie (mouvements rectilignes uniformes) et sur la force constamment dirigée vers un même point. Si un corps ne va pas en ligne droite, c'est qu'il y a une autre force qui agit sur ce corps. Si ces conditions sont présentes alors on peut appliquer la loi des aires. La force qui agit sur la Terre est constamment dirigée vers le soleil. Le soleil est donc la source de cette force. Si il y a la loi des aires c'est qu'il y a une force constamment dirigée vers le centre du soleil et inversement, s'il y a une ligne de force Terre/Soleil alors la loi des aires est appliquée par rapport au point où agit la force.

Mais ceci n'est pas particulier au soleil, c'est valable pour la Terre, la Lune tournant autour de cette dernière, ainsi que pour Jupiter qui agit sur ses satellites. L'attraction n'est donc pas uniquement solaire, elle est universelle.

Newton avait bien compris que toutes ces forces agissaient dans un espace vide et que les sphères n'existaient donc pas. Il sera d'ailleurs critiqué sur ce fait mais il en était conscient, il n'en savait pas plus quant à la nature de cette force et comment elle agissait concrètement.

¹⁹ Informations issues de *l'Histoire de l'astronomie* de Verdet et du cours de M. Bénard

2) Les représentations des enfants de notre système solaire

a) Qu'est-ce qu'une représentation ?²⁰

Tout d'abord, il est important de faire la différence entre les conceptions initiales des enfants et les représentations.

Une conception initiale est un modèle explicatif qui est dans la tête de l'enfant. C'est une construction intellectuelle qui est, pour ce dernier, construite et cohérente. Il est parfois impossible de connaître les conceptions des enfants.

Une représentation est l'illustration de cette conception initiale, elle peut être illustrée ou mise en mot. Ce sont donc les représentations des enfants que l'on peut récupérer.

b) D'où viennent les conceptions initiales des enfants?

Le modèle explicatif de l'enfant peut venir du registre empirique c'est-à-dire d'observations, de faits, ou de résultats expérimentaux qui sont concrets pour l'enfant ou des expériences de la vie quotidienne.

Les conceptions initiales peuvent avoir des origines psychogénétiques. Selon Piaget, les conceptions sont dues à l'inachèvement du développement de l'enfant. Par exemple l'anthropomorphisme c'est-à-dire que l'enfant va transposer des caractéristiques de l'humain sur des animaux ou des objets ; ou bien de l'anthropocentrisme c'est-à-dire que l'enfant pense que c'est l'homme qui organise tout ce qui nous entoure, que tout existe parce que l'homme existe. Mais aussi de l'égoцентризм c'est-à-dire que l'enfant considère sa personne comme le centre du monde et ne regardera que ce que lui-seul voudra bien voir. Mais les conceptions initiales peuvent aussi venir du raisonnement par analogie : c'est le premier raisonnement qui se pratique chez les jeunes, et cela les amène à tout comparer à ce qui leur est proche.

Leurs conceptions initiales résultent très souvent du bon sens, de la cohérence ou de l'économie intellectuelle.

²⁰ Eléments issus d'un cours de Sciences de Véronique Trassart

c) L'importance de les utiliser et comment les faire émerger²¹

Si l'on n'en tient pas compte, ces conceptions peuvent faire obstacle aux apprentissages, « elles se maintiennent, se renforcent même, et le savoir glisse à la surface des élèves sans même les imprégner ».²²

Elles sont importantes car elles permettent à l'enseignant de mieux connaître les élèves, leurs intérêts, leurs questions, leurs attentes et leurs besoins ; de prévoir les obstacles possibles et d'orienter ainsi son action et prévoir une pédagogie beaucoup plus efficace. « En d'autres termes, il ne suffit pas de bien présenter une somme de connaissances à un élève (de lui en dire plus, de les lui montrer mieux), pour que ce dernier comprenne, mémorise et intègre spontanément. C'est l'apprenant qui, lui-même, doit se construire chaque bribe de savoir en s'appuyant sur les outils qui lui sont disponibles, c'est-à-dire sur ses idées et ses procédures de pensée. Cela, les recherches en psychogénétique et en didactique des sciences le confirment chaque jour. »²³

Nous pouvons provoquer une confrontation des conceptions des enfants. Ce qui constitue déjà une première approche de l'apprentissage. L'écoute réciproque aide chaque enfant à expliciter ses idées, éventuellement à mieux argumenter, à dépasser son égocentrisme, à découvrir qu'il existe d'autres conceptions que les siennes.

La connaissance des conceptions peut passer par des entretiens, des questionnaires, des discussions, des dessins au début d'une séquence. Mais il est important de préciser aux élèves que ce travail n'est pas noté mais servira d'outil de travail pour qu'ils puissent exprimer leur pensée librement

Si on ne passe pas par cette étape d'expression des conceptions, ces dernières risquent de refaire surface un jour ou l'autre.

²¹ Source : *L'enseignement scientifique à l'école maternelle* de Coquidé-Cantor et Giordan et *L'enseignement scientifique : Comment faire pour que « ça marche » ?* de De Vecchi et Giordan

²² Citation extraite de : *L'enseignement scientifique : Comment faire pour que « ça marche » ?* de De Vecchi et Giordan

²³ Citation extraite de : *L'enseignement scientifique : Comment faire pour que « ça marche » ?* de De Vecchi et Giordan

d) Représentation d'élèves de CP

Au mois de janvier 2013, j'étais en stage à l'école Roger Bouvet au Mans dans une classe de CP, et j'ai eu envie de connaître comment les élèves imaginaient notre système à leur âge. Avec l'accord de ma MAT, j'ai donc organisé une séance de représentation de l'univers (annexe 1).

1- Résultats et analyse

1) C'est le Soleil qui tourne autour de la Terre :

Eléonore : « La Lune ne bouge pas, le Soleil bouge, il tourne autour de la Terre. La Terre bouge aussi mais les étoiles sont fixes. »

Rolph : « J'ai dessiné la Terre avec différents pays, elle est à côté du soleil et j'ai fait Saturne aussi. La Terre ne bouge pas trop dans le ciel mais le Soleil, lui, il bouge pour mettre le chaud quelque part. »

Aya-Sophia : « J'ai fait Saturne et le Soleil qui bouge autour de la Terre, on dirait qu'il va se poser sur la Terre. La Lune la nuit elle regarde les autres dormir et elle est contente. »

Wendy : « J'ai dessiné Mars, Saturne, la Terre et le Soleil qui tourne autour »

Qénân : « J'ai fait le bouclier magnétique de la Terre en vert, il protège la France pour les météorites. J'ai fait une fusée avec son moteur dans l'espace qui va à 1000 km/h. J'ai fait aussi des météorites, des étoiles filantes qui filent tout droit. Sur la Terre j'ai fait tous les lacs, la France en rose, l'Angleterre en rouge et l'Italie en jaune. Les planètes bougent mais pas toutes à part le Soleil »

Sophia : « J'ai fait la planète Terre, les étoiles et la Lune qui ne bougent pas dans le ciel et j'ai aussi fait le Soleil mais lui oui il bouge »

Tyssannah : « J'ai fait la Terre avec différents pays : la Guyanne..., mais elle bouge pas. J'ai fait le Soleil, lui il bouge parce qu'il se couche en bas et là il est levé. Et j'ai fait des étoiles et un avion aussi »

2) C'est la Terre qui tourne autour du Soleil :

Mehdi : « J'ai fait la Terre, une étoile qui tombe sur la Terre, une Lune, Mars, la planète Saturne, le Soleil, une étoile filante, la Terre bouge autour du Soleil, le Soleil ne bouge pas et là c'est une autre planète qui ne tourne pas. »

Erwan : « J'ai fait une planète, le Soleil, des étoiles, une fusée, le Lune, la Terre en bleu. La Terre bouge à côté du Soleil et le Soleil bouge aussi mais la Lune elle ne bouge pas. »

3) Planètes tournent autour du soleil et de la Terre

Louca : « J'ai dessiné le Soleil, Saturne, Mars qui tourne autour du Soleil et de la Terre. »

4) Rien ne bouge

Alhazradji : « J'ai fait une fusée, des planètes d'extraterrestres qui ne bougent pas dans le ciel, des étoiles filantes et le soleil qui ne bouge pas non plus »

Skodran : « Il y a une planète, et la une autre planète, elles ne bougent pas »

Sabri : « J'ai fait le Soleil, des oiseaux, des nuages, un avion, une fusée, la Terre et ses bâtiments. La Terre est fixe et le Soleil ne bouge pas »

5) Tout bouge autour d'une autre étoile

Edgar : « J'ai fait des étoiles filantes, le soleil, et la Terre qui bouge autour des étoiles »

Marc-Olivier : « J'ai fait des météorites, la Terre, Saturne et tout cela bouge dans l'espace. »

Sophia : « Tout bouge dans le ciel. »

Méline : « Y a tout qui bouge »

6) Introduction du phénomène jour/nuits-Soleil/Lune

Arthur : « J'ai dessiné des fusées qui vont sur la planète Saturne, une météorite regarde tout ce qui se passe en France. La Lune bouge, va en haut de la planète Saturne. La Terre bouge, le

Soleil aussi, il se couche et après la Lune vient ici et quand c'est presque le matin, le soleil vient. »

Hugo : « Il y a une fusée qui va sur la Terre, une planète où il y a des extraterrestres. La Lune fait la nuit et le Soleil il éclaire »

Anaïs : « J'ai fait la Terre, une étoile et de petites planètes, Saturne, Jupiter et Mars. La Lune tourne autour de la Terre et Saturne aussi. »

7) Je ne sais pas

Noria : « Je ne sais pas si elle bouge »

8) Autres

Chiara : « Saturne elle tourne autour des étoiles et pas du soleil. »

Ewen : « J'ai fait une planète inconnue avec un bonhomme qui a la tête à l'envers parce qu'elle bouge, et j'ai fait Mars aussi mais elle, elle, bouge pas et Saturne non plus »

Oliver : « J'ai dessiné la Terre, la Lune, une étoile filante, le Soleil et une autre planète »

Rémi : « J'ai fait la Terre, un bateau qui vole, et des vaisseaux »

Alix : « Entre le Soleil et la Lune c'est tout noir »

Ilan : « J'ai fait l'Univers en bleu, la planète Terre avec en bleu la Tunisie, en vert le Canada, en vert clair la France, et le petit vert c'est le Portugal. En violet c'est une planète bizarre et en noir c'est planète des extraterrestres. »

Tableau reprenant le nombre d'élèves suivant les différentes théories

Propositions	Nombre d'élèves	Pourcentage
Le soleil tourne autour de la Terre	7	25,9
La Terre tourne autour du Soleil	2	7,4
Les planètes tournent autour du Soleil et de la Terre	1	3,7
Tout bouge autour d'une autre étoile	4	14,8
Rien ne bouge	3	11,1
Introduction du phénomène Jour/Nuit/Lune	3	11,1
Aucun avis	1	3,7
Autres	6	22,2
Total	27	100

Nous pouvons voir que la grande majorité des enfants a une représentation erronée ou très approximative de l'univers, puisque seuls deux enfants savent que la terre tourne autour du soleil.

11,1% expliquent l'alternance jour/nuit par la présence ou l'absence du soleil et de la Lune. Mais aucune référence n'est faite à la rotation de la Terre sur elle-même.

Les autres enfants ont un système différent, n'ont aucun avis ou n'ont pas réfléchi au sujet. Ils dessinent des astres connaissent leur nom ou les inventent mais cela reste un « décor » et pour eux ils n'ont pas de fonction ou de place particulière.

2- Conclusion

Le système géocentrique prime. Voici l'exemple d'une citation d'un enfant et dont l'idée revient assez souvent : « La Terre ne bouge pas trop dans le ciel mais le Soleil, lui, il bouge pour mettre le chaud quelque part ». Cela me conforte donc toujours dans mon idée de partir des représentations des enfants et donc de celles des anciens pour arriver à notre système héliocentrique d'aujourd'hui. En parcourant ce chemin historique avec eux j'espère qu'ils comprendront et assimileront mieux ce système et que leur représentation initiale ne reprendra pas le dessus.

II-Cadre opératoire

1) Séance d'astronomie en CM2 réalisée par une étudiante de M2

L'an passé, je voulais observer une séance d'astronomie dans une classe mais c'était assez compliqué d'en trouver une qui ne l'avait pas encore étudié et pour moi de trouver un créneau de libre dans notre emploi du temps. Madame Cailleau, ma directrice de mémoire, PEIMF et professeur des écoles à Sablé-sur-Sarthe dans une classe de CM2, m'avait donc proposé une solution. Une étudiante de M2 était venue réaliser en 2012-2013 cette séance en question dans sa classe, elle m'a donc proposé de m'envoyer ses fiches de préparations et les documents utilisés pour cette séquence (annexe 2). J'ai donc regardé et analysé comment cette étudiante s'y était prise, quelles notions ont été abordées, avec quel matériel, pour préparer au mieux mes séances d'histoire d'astronomie que j'ai réalisées au mois de juin dernier dans cette même classe.

a) Ses fiches de préparation

Nous trouverons ses fiches de préparation en annexe 2.

b) Constatations et analyse

Cette étudiante de M2 avait prévu de réaliser une séquence de six séances : Le mouvement apparent du soleil, l'alternance jour/nuit, la durée du jour, les saisons, les fuseaux horaires et le système solaire et l'univers. Mais elle en a en réalité réalisé quatre : Le mouvement apparent du soleil (séance 1), la durée du jour (séance 2), les saisons (séance 3) et le système solaire et l'Univers (séance 4).

Dans la séance 1, un travail est effectué sur les cadrans solaires, l'utilisation d'un gnomon fictif pour étudier les ombres au fil des heures. L'étudiante, sans doute par manque de temps, n'a pas pu mettre en place cette expérience sur le terrain avec ses élèves. Elle leur a alors donné directement le résultat des ombres du gnomon par rapport aux heures. Les élèves n'ayant donc pas vécu l'expérience, on pourrait se demander s'ils ont bien compris cette feuille de résultats. De plus, au troisième moment collectif, elle pose la question « Que peut-on conclure sur le mouvement du soleil ? » et la réponse attendue est la suivante « La terre tourne sur elle-même, c'est la rotation ». Elle est donc partie du principe que tous les élèves avaient déjà réfuté le système géocentrique. Était-ce vraiment le cas ? En outre, dans la trace écrite, on passe du mouvement apparent du soleil (il se lève à l'est, se couche à l'ouest...) à « La terre tourne sur elle-même... », comme si cela était évident. Pour un élève qui n'aurait pas compris, qui aurait des représentations initiales de géocentrisme bien ancrées, cette transition doit être extrêmement difficile. A ce moment-là, on aurait pu mettre : « On pourrait donc croire que le soleil tourne autour de la Terre mais en réalité le soleil est fixe et c'est la terre qui tourne à la fois autour du soleil et sur elle-même, ce qui explique le phénomène jour/nuit ». Une parenthèse historique aurait donc pu être abordée ici.

En séance 2, la durée du jour était étudiée grâce à un calendrier des heures de lever et de coucher du soleil que les élèves devaient reporter sur un diagramme. Intervenait alors les notions de solstices et d'équinoxes. L'étudiante leur a donc expliqué que les différentes durées du jour dans l'année étaient dues à l'axe de rotation de la Terre qui est toujours incliné dans la même direction. L'étudiante aurait pu leur demander : Est-ce qu'on aurait pu expliquer cela dans le système géocentrique ? Ainsi en faisant ce lien avec l'histoire, les élèves se seraient rendu compte que ce phénomène était plus difficile à expliquer autrefois.

En séance 3, l'étudiante a mis les élèves en situation de recherche pour qu'ils puissent expliquer les saisons (dans le système héliocentrique actuel). Il aurait été intéressant de faire un tableau de comparaison entre l'explication d'aujourd'hui et d'autrefois.

Enfin, en séance 4, ils ont étudié le système solaire et l'univers via internet où ils devaient retrouver l'ordre des planètes de la plus proche à la plus éloignée par rapport au soleil et trouver de nombreuses définitions (univers, galaxie, gravitation, orbite, astéroïde, satellite, etc).

J'ai donc constaté qu'aucune référence à l'histoire de l'astronomie ni à de grands astronomes n'apparaissaient dans cette séquence et ceci n'est que le reflet de la plupart des séances menées en sciences expérimentales et technologie « Le ciel et la Terre » en cycle trois. De plus, les représentations des élèves n'avaient pas été relevées. Mais ceci n'enlève pas le fait que la séquence soit bien ficelée en espérant que le savoir n'ait pas « glissé » sur les élèves comme l'avait déclaré De Vecchi et Giordan.

2) Séances d'histoire de l'astronomie en CM2

J'ai donc mené deux séances d'histoire de l'astronomie avec des élèves de CM2 qui avait déjà étudié « le ciel et la Terre » et plus particulièrement le mouvement de la Terre (et des planètes) autour du soleil, la rotation de la Terre sur elle-même ; la durée du jour et son changement au cours des saisons.

J'aurais aimé que les élèves soient vierges de connaissances à ce sujet pour ainsi relever leurs représentations initiales et partir de l'histoire de l'astronomie avec eux pour arriver au système héliocentrique actuel et ainsi parcourir tout le cheminement de nos ancêtres pour arriver jusque-là. Or, je n'ai pas pu aller en ce sens. J'ai tout de même voulu les initier à l'histoire de l'astronomie pour qu'ils aient connaissance de ce qui avait été fait avant et qu'ils aient conscience que le savoir que nous avons aujourd'hui ne s'est pas imposé de lui-même. J'espère développer leur raisonnement et leur montrer que les anciennes représentations qu'ils avaient lorsqu'ils étaient plus jeunes rejoignaient un peu celle d'Aristote et de Ptolémée et qu'elles étaient tout à fait rationnelles. Je voulais qu'ils comprennent le raisonnement du système géocentrique et les failles qu'il avait et donc leur montrer comment nous en sommes arrivés au système héliocentrique.

a) Fiches de préparation

Nous trouverons les fiches de préparation en annexe 3.

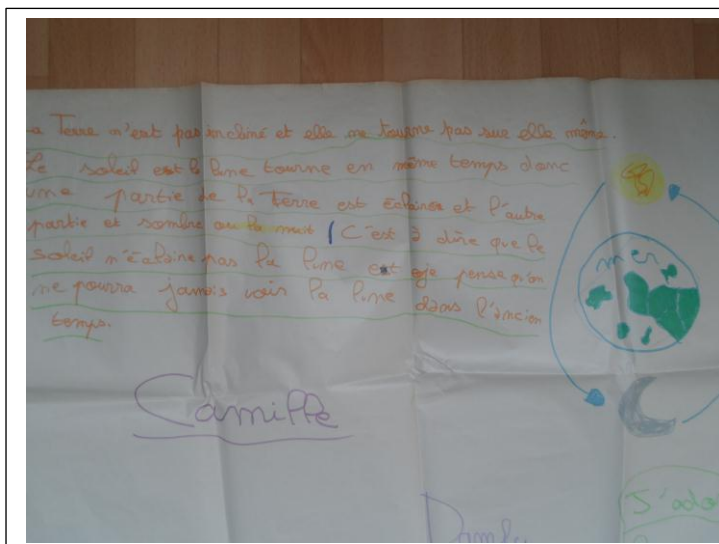
b) Résultats et analyse

1- Séance 1

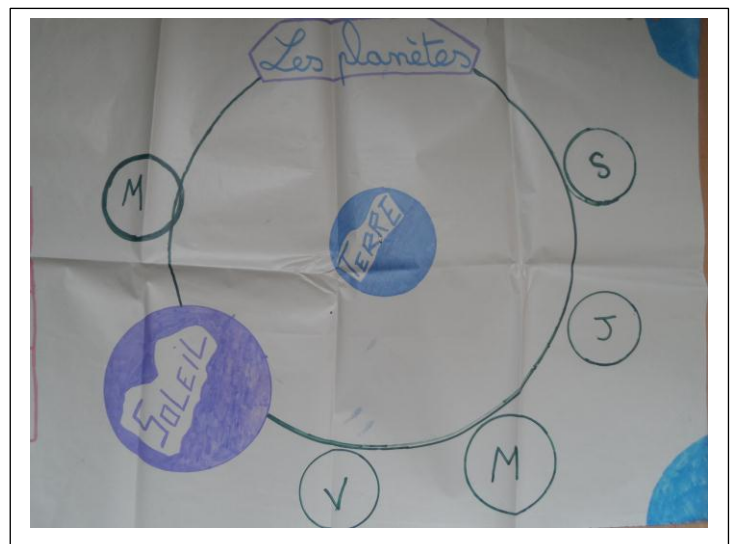
*Mise en commun à l'oral

Groupe 1 : « Le soleil tourne autour de la Terre en 365 jours ». Ils n'ont pas su expliquer le phénomène jour/nuit ni les saisons.

Groupe 2 : « Le soleil tourne en 24 heures pour expliquer le phénomène jour/nuit ». Mais pour les saisons ils n'avaient aucune idée.

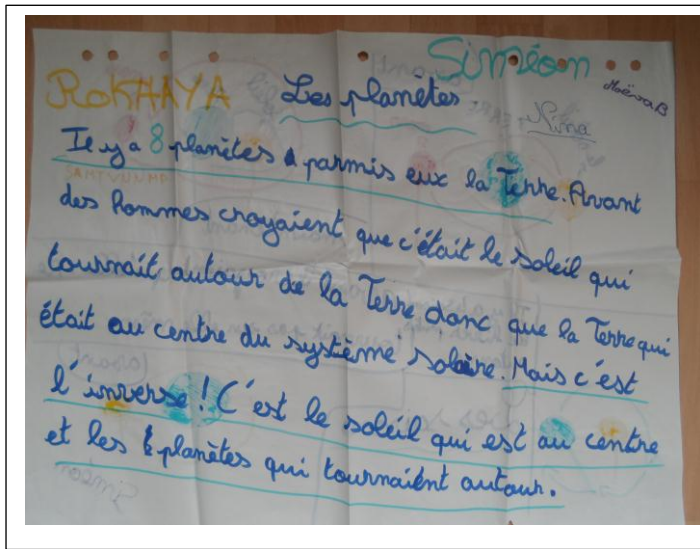


Groupe 1



Groupe 2

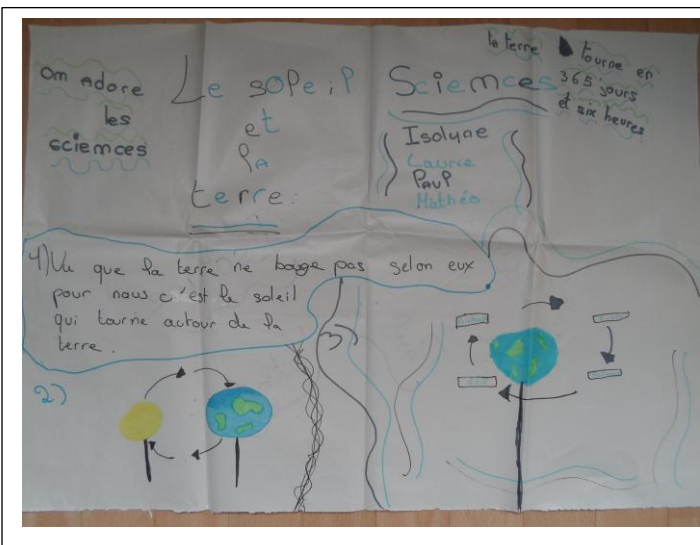
Groupe 3 : « La Terre est au centre donc le soleil tournait autour de la Terre. Quand le soleil était au nord c'était l'été, à l'ouest c'était l'automne, à l'est c'était le printemps et au sud c'était l'hiver ». Leur explication était confuse mais ils avaient bien compris. Lorsque j'ai donné l'explication à la fin, un membre du groupe m'a reprise pour me dire que c'était bien ce qu'ils avaient tenté d'expliquer, que c'était l'été quand le soleil était plus au nord, etc. Il me semblait bien qu'ils avaient compris lorsque je passais dans les groupes pendant la phase de recherche. Si c'était à refaire, j'aurai plus insisté pour qu'ils soient plus clairs dans leur explication et leur modélisation.



Groupe 3

Groupe 4 : « Le soleil tourne autour de la Terre. Un tour ça faisait 24h pour expliquer le phénomène jour/nuit ».

Groupe 5 : « Le soleil tournait autour de la Terre en 24h pour expliquer le jour et la nuit (...) et le soleil sur lui-même mais ça faisait pas les saisons du coup ». Ils ne savaient pas trop comment expliquer les saisons, mais ont tenté d'émettre plusieurs hypothèses : « peut-être que des fois quand il tournait, il était plus près pour l'été et plus loin pour l'hiver ou alors peut-être qu'ils pensaient que c'était grâce aux autres planètes, parce qu'il y a des planètes plus chaudes et des planètes plus froides, donc ils pensaient peut-être que les autres planètes pouvaient ramener le chaud ou le froid ».



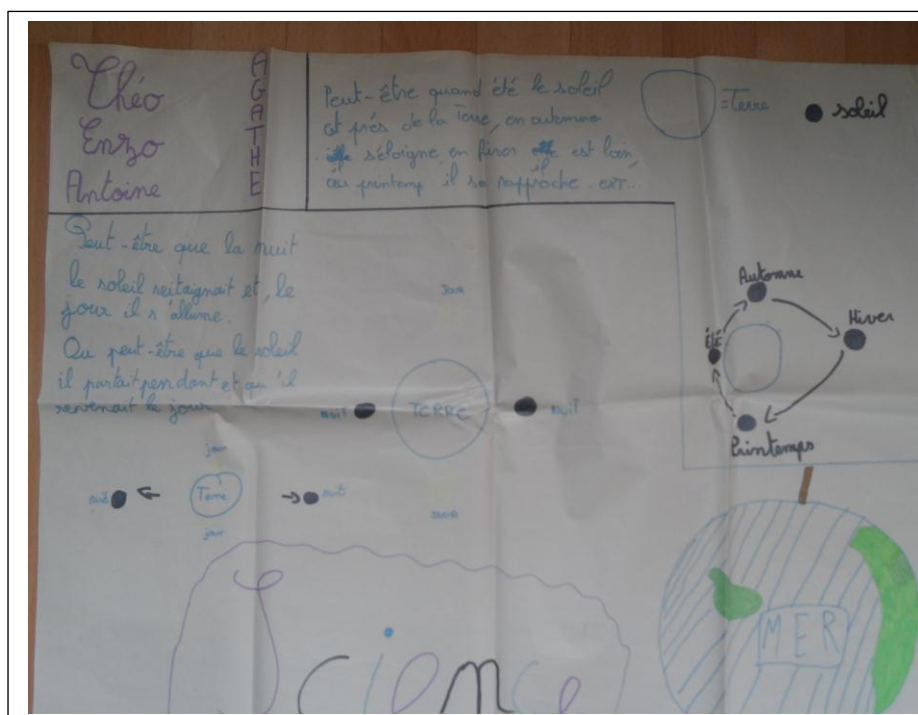
Groupe 4



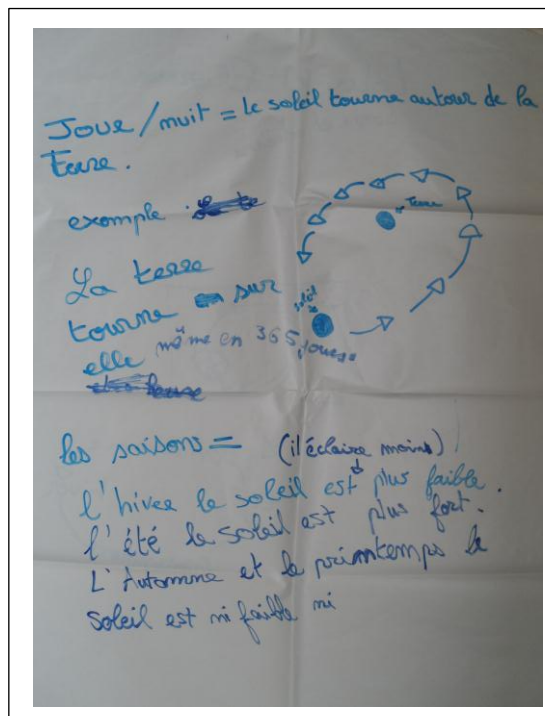
Groupe 5

Groupe 6 : « Le soleil s'éteint la nuit ou peut-être qu'il s'éloignait de plus en plus de la Terre et le jour il revenait ou il s'allumait. Pour les saisons, le soleil était plus ou moins proche de la Terre. Le soleil tournait en 365 jours et 6 heures autour de la Terre ».

Groupe 7 : « Le soleil tourne autour de la Terre et la Terre tourne sur elle-même en 365 jours et 6 heures. L'hiver le soleil est plus faible donc il éclaire moins et l'été le soleil est plus fort. L'automne et le printemps, le soleil n'est ni faible ni fort. Le soleil tourne autour de la Terre en 365 jours et 6 heures ».



Groupe 6



Groupe 7

Récapitulatif :

	Groupes	1	2	3	4	5	6	7
Ont trouvé la bonne explication pour	Phénomène Jour/Nuit	Non HE	Oui	Oui	Oui	Oui	Non HE	Non HE
	Phénomène Des saisons	Non AI	Non AI	Oui	Non AI	Non HE	Non HE	Non HE

AI: Aucune idée

HE: Hypothèse(s) émise(s)

Quatre groupes sur sept ont su expliquer le phénomène jour/nuit dans le système géocentrique. Les trois autres groupes ont tout de même tenté de donner une explication mais sans succès. Les membres du groupe 1 se sont basés sur leurs connaissances du système actuel pour donner une explication à l'ancien. Puisqu'aujourd'hui la Terre tourne en 365 jours et 6 heures autour du soleil, ils ont voulu expliquer le phénomène jour/nuit dans l'ancien système en reprenant les mêmes données, donc pour eux le soleil tournait autour de la terre en 365 jours. Ils se sont contentés d'inverser les informations sans vraiment creuser leur réflexion. En effet, lors de la mise en commun, ils se sont rendu compte que leur explication ne tenait pas la route, une journée durant 24 heures, le soleil ne pouvait pas mettre 365 jours à faire le tour de la terre. De même pour le groupe 7, qui plus est, n'a pas respecté les contraintes de départ (la terre devant être fixe au centre et non inclinée), ont donné pour explication que le soleil tournait autour de la terre, cette dernière tournant sur elle-même en 365 jours et 6 heures. Enfin, le groupe 6 a émis l'hypothèse suivante : les ancêtres pensaient que le soleil s'éteignait ou s'éloignait la nuit et se rallumait ou revenait le jour. Nous pourrions croire que ces élèves n'ont pas acquis le fait que lorsqu'il fait nuit d'un côté de la terre, il fait jour de l'autre mais ce n'est pas le cas ils ont bien compris ce phénomène. En se mettant dans la peau de nos ancêtres du IV^{ème} siècle avant J-C et du II^{ème} siècle, ils ont cherché des explications minimales.

En ce qui concerne les saisons, seul un groupe a trouvé la bonne explication. C'est très peu, mais je ne m'attendais pas à ce que des élèves trouvent, mon but était qu'ils y réfléchissent. J'étais alors agréablement surprise. Trois groupes ont tout de même essayé de donner une explication. Le groupe 5, après avoir expliqué correctement que le soleil tournait autour de la terre en 24 heures pour expliquer le phénomène jour/nuit, a, par reproduction de notre modèle actuel, voulu expliquer les saisons par le fait que le soleil tournait sur lui-même mais ils se rendaient bien compte que cela ne pouvait pas fonctionner. Ils ont alors tenté de l'expliquer autrement. Ils se sont dit que peut-être était-ce parce que le soleil était plus ou moins près de la terre suivant les saisons. Ils ont émis une toute autre hypothèse : les anciens pensaient peut-être que les saisons étaient dues aux planètes froides ou chaudes qui ramenaient alors une saison différente en rencontrant la terre. L'hypothèse du soleil qui se rapproche plus ou moins de la terre a aussi été émise par le groupe 6. Le groupe 7, lui, a pensé que les saisons étaient dues à l'intensité du soleil qui variait plus ou moins. Les trois autres groupes n'ont émis aucune hypothèse, ils n'avaient vraiment aucune idée.

Cette recherche a vraiment porté ses fruits, les élèves étaient investis et motivés. La transcription pendant la phase de recherche le montre bien (annexe 4). Les élèves se posaient énormément de questions. Le premier groupe a même cherché à comprendre pourquoi les anciens pensaient qu'ils étaient au centre du monde. Ils essayaient vraiment de comprendre comment ils pouvaient expliquer les saisons à l'époque et ne trouvant pas d'explications rationnelles, ils en venaient à dire que les anciens eux-mêmes n'expliquaient pas ce phénomène. Les maquettes qui étaient mises à disposition les ont beaucoup aidés à visualiser leurs différentes hypothèses.

La transcription lors de l'explication ne fait que confirmer cette forte curiosité qui émane des élèves. Des questions jaillissaient encore, ils se demandaient comment cela se passait pour les autres planètes, pourquoi Copernic avait-il cherché plus loin si tout le monde croyait en le système géocentrique...

Je pense que cette séance les a beaucoup marqués, ils se souviendront de leurs recherches et de nos échanges sur cet ancien système qui, je pense, ne devrait plus refaire surface.

2- Séance 2

*Analyse de la séance 2 par rapport au questionnaire :

Questions	Groupes										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Faux	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	Faux	Vrai	Vrai	Vrai
2	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	QE	Vrai	QE	Vrai
3	Vrai	C	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	Faux	Vrai	SR	Faux	Vrai
4	Vrai	Faux	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	SR	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai
5	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	SR	Vrai	SR	Vrai	Faux
6	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	SR	Vrai	SR	SR	Vrai
7	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	SR	Vrai	SR	SR	Vrai
8	SR	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	SR	SR	Faux	SR	SR	SR
9	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	Faux	Faux	SR	MT	MT	SR	MT
10	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	SR	Faux	Vrai	Vrai	Vrai	SR	Vrai
11	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	SR	Vrai	Vrai	Vrai	SR	Vrai
12	Vrai	Vrai	2/3	Vrai	Vrai	SR	2/3	Vrai	Vrai	SR	2/3
13	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	Vrai	SR	SR	Vrai	Vrai	SR	Faux
14	2/4	2/4	Vrai	Vrai	Vrai	SR	SR	2/4	SR	SR	2/4
15	Faux	Faux	SR	Vrai	Faux	SR	SR	Faux	SR	SR	SR
16	Vrai	Vrai	SR	Vrai	SR	SR	SR	Faux	SR	SR	SR
17	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR
18	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR	SR

C : Confus SR : Sans Réponse MT : Mauvais terme QE : Quelques erreurs

Nous pouvons remarquer que les questions 3 et 4 du questionnaire (Comment les Anciens expliquaient-ils le phénomène jour/nuit étant donné que la Terre était fixe et non inclinée au centre de l'univers ? et Comment expliquaient-ils les saisons ?) ont été bien comprises : 7 groupes sur 11 ont compris le phénomène jour/nuit dans le système géocentrique et 9 groupes sur 11 ont compris le phénomène des saisons dans ce système. C'est que la séance 1 a bien porté ses fruits. En effet, la réponse à ces deux questions ne pouvait pas être trouvée sur internet. Ce qui est plus curieux c'est que les groupes 9 et 10 ont bien compris le phénomène des saisons mais pas jour/nuit alors que c'était l'inverse lors de la première séance.

Nous pouvons voir que les groupes étaient très investis, ils ont effectué de très bonnes recherches sauf pour les groupes 7 et 10 avec beaucoup trop de sans réponses.

Si cette séance était à refaire je supprimerais les questions 17 et 18 car aucun groupe n'a eu le temps de les faire, le questionnaire était donc trop long.

*Analyse de la transcription (annexe 5)

Nous pouvons voir dans la transcription que les membres du groupe 3 ont bien associé le système géocentrique à la Terre au centre de l'univers (intervention n°2 pour répondre à la question 2 du questionnaire : « Bah déjà la Terre elle est au milieu »). Nous voyons dans les interventions 3 et 4 qu'ils ne sont pas d'accord sur la place de la Lune et du Soleil : l'un pense que le Soleil est l'astre le plus proche de la Terre, l'autre pense que c'est la Lune. Le locuteur A semble se référer au système actuel : il sait que la Lune gravite autour de la Terre et qu'elle est donc la plus proche de notre planète et que Mercure et Vénus sont les plus proches du soleil. Il est logique pour lui que la Lune reste l'astre le plus proche de la Terre dans le système géocentrique.

Les questions 3 et 4 du questionnaire ne pouvaient pas être trouvées sur internet mais faisaient référence à ce que nous avons vu ensemble en séance 1. Il se trouve que pour le locuteur A, cela a été parfaitement compris. Pour le locuteur B, en revanche, on peut penser qu'il était quelque peu perdu. Le locuteur A avait déjà répondu à la question alors que le B n'avait pas fini de la lire (intervention 21).

Pour la question 6 « Quel personnage a été le premier à remettre en question ce système ? », le locuteur A a répondu « Bah c'est Copernic » (intervention 32) sans avoir eu besoin de chercher sur internet alors que nous l'avions que très rapidement évoqué lors de la séance 1.

Pour la question 10, lorsqu'ils comptent le nombre de planètes dans le nouveau système de Copernic, le locuteur A en compte d'abord 6, puis le locuteur B en compte 7 et arrive à persuader son camarade (intervention 38 à 42). Ils ont alors compté la Lune en tant que planète alors qu'ils avaient vu avec l'étudiante de M2 que c'était un satellite naturel. De plus, le locuteur A, se demande par deux fois pourquoi il n'y a pas Uranus et Neptune (intervention 42 et 46) dans le système de Copernic. Il pensait sûrement que Copernic les avaient déjà découvertes. Il s'attendait à ce que le système de Copernic ressemble étrangement au nôtre. Nous sommes revenus à ce problème lors de la correction (interventions 4 à 7) et l'élève C avait bien compris qu'Uranus et Neptune était « trop loin » et qu'elles n'avaient pas encore été découvertes. Le fait qu'il y ait des sphères concentriques ne les a pas interpellés, ce qui est normal car ils n'ont pas vu que les planètes se déplaçaient sur des orbites elliptiques. Je l'ai alors évoqué lors de la correction de la question 16.

Enfin, le fait que des personnes comme Giordano Bruno aient péri au bûcher les a beaucoup marqué, ils ne comprenaient pas comment cela pouvait être possible (interventions 22 à 29), cela paraît invraisemblable pour eux.

c) Conclusion

Les élèves étaient vraiment très intéressés par ce sujet, lorsque j'ai commencé à présenter ce que l'on allait faire, certains connaissaient déjà quelques grands noms : Copernic et Galilée et savaient qu'avant eux, on croyait que c'était la Terre au centre de l'univers et non le soleil.

Les élèves étaient vraiment en phase de recherche, ils avaient vraiment envie de connaître comment les anciens expliquaient leur système géocentrique. La plupart ont bien trouvé, malgré les contraintes que je leur avais imposées (Terre au centre, non inclinée et fixe), que le soleil tournait forcément en 24 heures autour de la Terre pour expliquer le phénomène jour/nuit. En revanche, pour les saisons c'était un petit peu plus compliqué, un seul groupe a trouvé la solution mais ils voulaient tous savoir comment on pouvait l'expliquer et ont émis

de nombreuses hypothèses. Et nous avons vu que lors de la séance 2 que la majorité des groupes ont su réexpliquer le phénomène jour/nuit et celui des saisons.

J'ai remarqué aussi que, pour expliquer comment cela fonctionnait avant et répondre au questionnaire, ils s'appuyaient beaucoup sur leurs connaissances du système héliocentrique et ils avaient vraiment l'air d'avoir acquis les notions vues avec l'étudiante de M2.

Ces séances ont donc servi à leur montrer tout le cheminement de ce savoir. Plus petits, la plupart pensaient que c'était le soleil qui tournait autour de la Terre. Lors de ces séances, ils ont tenté d'expliquer le fonctionnement du système géocentrique, ils se sont rendu compte que cela n'était pas si facile à expliquer et ils savent maintenant pourquoi cela n'a pas fonctionné. Ils connaissent désormais des personnages qui se sont battus et qui ont parfois péri pour faire accepter leur système héliocentrique.

Suite à ces travaux, je pense que leurs représentations initiales ne reprendront pas le dessus. Ils se souviendront de ces deux séances, d'un système ancien : géocentrique, et du système actuel : héliocentrique.

3) Séquence d'histoire de l'astronomie en CE2

Si le temps me l'avait permis, j'aurais aimé effectuer une séquence autour de l'histoire de l'astronomie jusqu'à notre système actuel. Mais cela avec beaucoup de précautions : à la fin de la séquence, l'histoire de l'astronomie doit permettre à l'élève de rejeter le système géocentrique pour valider le système héliocentrique et non l'inverse. Il ne faudrait pas que l'élève ne garde en mémoire que l'ancien système. Il faudra donc procéder à diverses activités pour que l'élève crée son savoir, qu'il ait des éléments qui aillent à l'encontre du système géocentrique, qu'il y ait une rupture sociocognitive pour qu'il puisse intégrer pleinement le système héliocentrique.

Séance 1 : Récupérer les représentations initiales

Pour récupérer les représentations initiales des enfants, je leur poserai la question suivante :

« Comment cela fonctionne-t-il dans le ciel selon vous ? » et je leur donnerai deux mots clefs : Le Soleil et la Terre. Ils répondront donc par un dessin et un petit texte pour l'expliquer. A la fin de la séance, quelques élèves pourront présenter leur explication au reste

de la classe (avec matériel si besoin). Je leur demanderai pourquoi ils pensent que c'est ainsi, qu'est-ce qui leur fait dire cela. Je m'attends à avoir de nombreuses représentations géocentriques donc je pense qu'ils me répondront « C'est ce que l'on voit, le soleil bouge au cours de la journée, il se lève à l'est et se couche à l'ouest ».

Séance 2 :

J'étudierai entre ces deux séances les représentations de chacun.

Nous reviendrons sur leurs représentations, et pour ceux qui croient que le soleil tourne autour de la terre, nous verrons que ce n'est pas la représentation que l'on a du monde aujourd'hui mais qu'autrefois de grands penseurs pensaient à cela aussi.

Je leur préparerai un diaporama pour leur présenter brièvement Aristote et Ptolémée qui pensaient que la terre était fixe au centre et que le soleil et les autres planètes lui tournaient autour.

« A votre avis, pour eux, le soleil mettait combien de temps à faire le tour de la Terre ? »

Je leur laisserai un temps de réflexion seuls, puis par groupe de deux ou trois. Je pense qu'ils répondront 24 heures, 365 jours, une année...

Puis je leur demanderai : « Une journée ça dure combien de temps ? ». Réponse attendue : 24 heures.

« Une journée comprend le jour et la nuit. Alors pour que l'on ait en 24 heures à la fois le jour et la nuit, en combien de temps met le soleil à faire le tour de la terre ? » → 24h

« D'accord donc jusque-là leur représentation du monde marchait. Voyons maintenant comment ils expliquaient les saisons. Qui peut me caractériser les saisons ? Quelle est la durée du jour et de la nuit en été ? Et en hiver ? ». Réponse attendue : il fait jour beaucoup plus longtemps en été et en hiver c'est la nuit qui est plus longue.

Nous allons donc vérifier ceci grâce à un calendrier indiquant le lever et le coucher du soleil. Les élèves calculeront la durée du jour grâce à l'échelle de temps fournie (ils relèveront tous les 21 de chaque mois) et reporteront leur valeurs dans un tableau. Puis, nous construirons ensemble un diagramme représentant la durée de la journée en heures en fonction de la date (21 de chaque mois).

Dans un second temps, nous nous demanderons si la durée des saisons est la même pour toutes. Nous utiliserons un calendrier pour vérifier : printemps 93 jours, été 93 jours, automne 90 jours et l'hiver 89 jours.

« Maintenant que vous avez ces données, est-ce que vous pouvez proposer une explication au phénomène des saisons ? »

Je ne m'attends pas à ce qu'ils trouvent la solution mais simplement qu'ils y réfléchissent. Je leur expliquerai que les anciens avaient trouvé une solution pour expliquer les saisons mais qu'elle posait quelques problèmes : cette explication admettait que les saisons étaient toutes égales hors nous avons vu que ce n'était pas le cas.

Séance 3 :

Des personnes se sont rendu compte de ces problèmes et ont expliqué le monde autrement.

Présentation d'un diaporama de Copernic et Galilée. Demander aux élèves « A votre avis, quel modèle ont-ils proposé ? ». Réponse attendue : C'est le soleil qui est au centre et la terre et les autres planètes tournent autour. « Alors comment explique-t-on le phénomène jour/nuit dans ce modèle ? » Réponses attendues : La terre tourne autour du soleil en 24h/ la terre tourne sur elle-même en 24h.

Démonstration avec maquette : Si la terre tourne autour du soleil en 24h ceci signifie que la moitié de la terre voit le jour tout le temps et l'autre moitié reste dans l'obscurité ?

Nous essayerons de trouver d'autres solutions. Nous arriverons donc à l'hypothèse que la terre tourne sur elle-même. On parlera alors de la rotation de la terre.

Nous avons vu en séance 2 les différentes durées de jours en fonction des saisons. Nous ressortirons ce diagramme. « Comment explique-t-on les saisons dans ce système ? ». Réponse attendue : En été la terre est plus près du soleil.

Je leur distribuerai alors un schéma montrant la position de la Terre autour du soleil en fonction des saisons. Il se trouve que la terre est plus proche du soleil en hiver et plus loin en été. Ils pourront alors réfuter cette hypothèse.

Ils chercheront alors d'autres solutions. Mais le phénomène étant complexe, je leur donnerai rapidement la solution : la terre est inclinée et garde la même direction durant sa révolution autour du soleil en 365 jours (une année). Nous ferons une démonstration avec le globe

terrestre et un projecteur. Nous regarderons un extrait de « C'est pas sorcier » sur les saisons qui donne une explication claire. Je confronterai les élèves à diverses questions du type « Quand on est en été dans l'hémisphère nord, est-on en été aussi dans l'hémisphère sud ? », « Dans cette position, que se passe-t-il au pôle sud », etc. Il y aura donc un travail important sur les saisons pour que les élèves s'approprient ce phénomène complexe. Nous aborderons alors les termes d'équinoxe et de solstice.

Séance 4 :

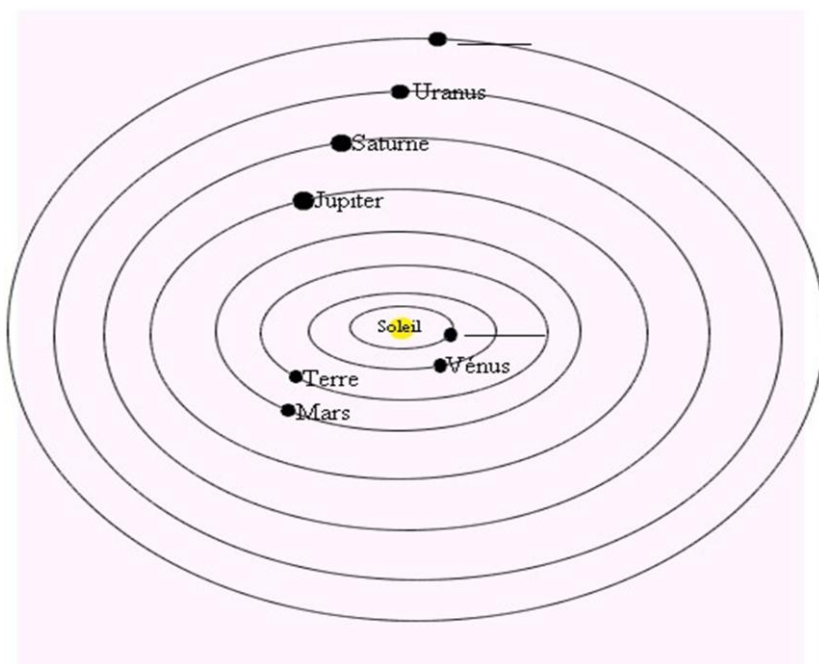
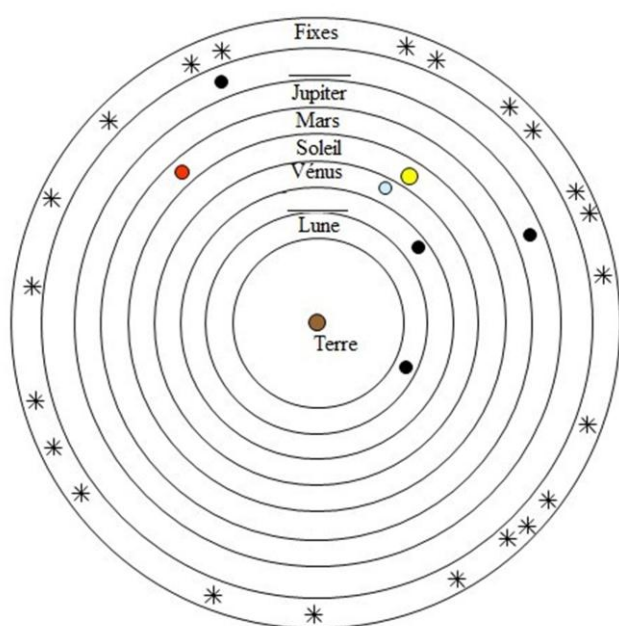
Un travail de recherche sera effectué sur internet pour compléter le schéma du système solaire, trouver des définitions et des images correspondants au lexique suivant : étoile, planète, satellite.

Puis il y aura une évaluation formative où les élèves devront écrire un petit texte pour expliquer ce qu'ils connaissent de notre système solaire. Si cette évaluation ne s'avère pas concluante, nous nous lancerons dans un travail de remédiation.

Séance 5

Pour l'évaluation, je leur proposerai la chose suivante.

- 1) Entoure le schéma qui correspond à notre système actuel et complète sur ce schéma le nom des planètes manquantes.



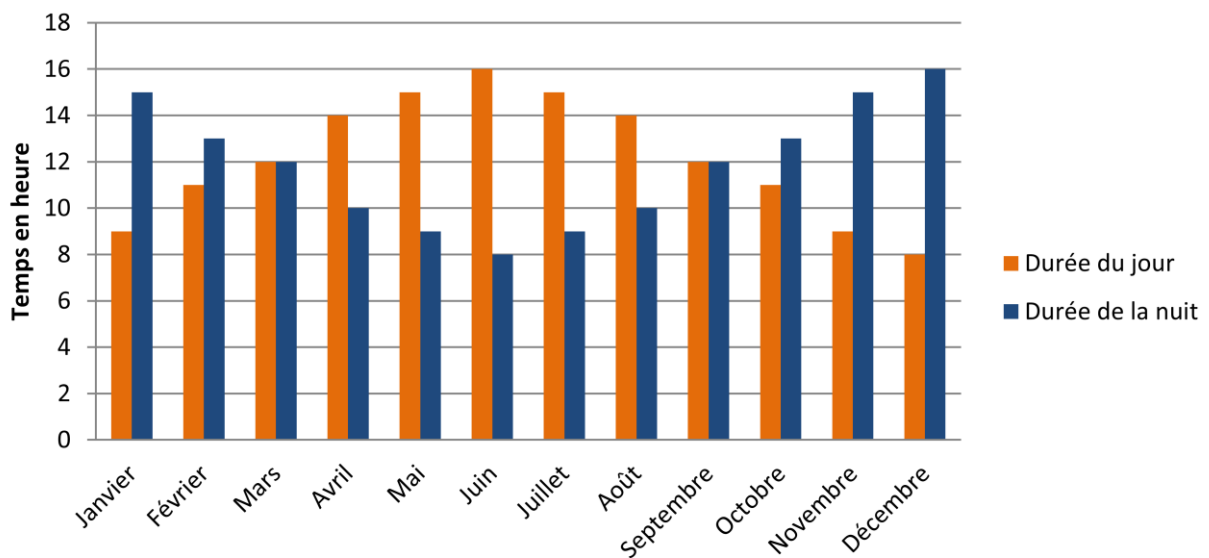
2) Entoure en rouge le (ou les) moments correspondants aux équinoxes.

Entoure en vert le moment correspondant au solstice d'hiver.

Entoure en noir le moment correspondant au solstice d'été.

Nous ferons une lecture du diagramme ensemble pour que ceci ne soit pas un obstacle pour eux.

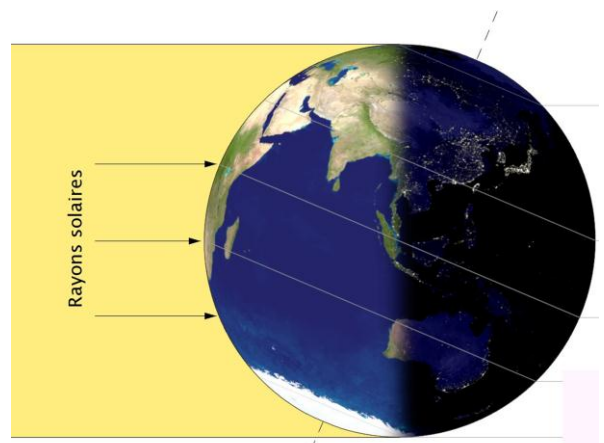
Diagramme représentant la durée du jour et de la nuit en fonction de la date (21 de chaque mois)



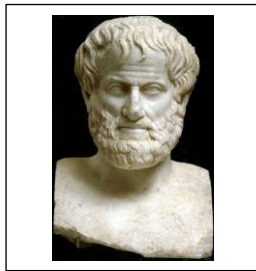
3) Comment explique-t-on le phénomène jour/nuit aujourd'hui?

4) Complète.

Sur ce schéma, dans l'hémisphère nord c'est _____ et dans l'hémisphère sud c'est _____.

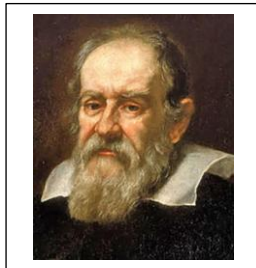


5) Relie chaque personnage historique à sa théorie.



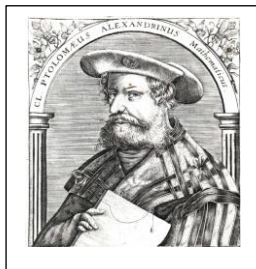
Aristote

IV^{ème} siècle
avant J-C



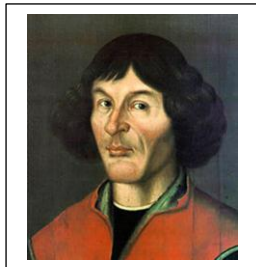
Galilée

1564-1642



Ptolémée

II^{ème} siècle
après J-C



Copernic

1473-1543

La Terre est fixe,
non inclinée au
centre du cosmos,
tout tourne autour
d'elle.

La Terre tourne sur
elle-même et autour
du soleil.

4) Conclusion

Je suis convaincue qu'un travail en histoire de l'astronomie en cycle 3 aiderait les élèves à comprendre le système héliocentrique, de par les découvertes et les engagements qui ont forgé notre compréhension de l'espace à travers les siècles. Cela permettra à tous les élèves de réfuter le système géocentrique. Les séances que j'ai menées en CM2 le démontrent. Les élèves étaient investis, ils avaient envie de savoir comment les anciens pensaient. Le fait de raconter l'histoire et de ne pas « plaquer » un savoir tel quel, aide vraiment les élèves à s'y retrouver dans ses représentations. Ils ont besoin de prendre du recul sur ce qu'ils apprennent. Le fait de savoir que l'astronomie ce n'est pas seulement une terre qui tourne sur elle-même et autour du soleil, mais qu'elle raconte une histoire, cela devient beaucoup plus passionnant pour les élèves.

Je regrette de ne pas avoir eu les représentations initiales de ces CM2 et de ne pas avoir pu évaluer si le système géocentrique était totalement rejeté par tous ses élèves à la fin de la séquence. J'aurais aussi pu leur faire passer un questionnaire pour savoir s'ils avaient aimé travailler sur l'histoire de l'astronomie, si cela leur avait permis de comprendre certaines choses dans notre système, et s'ils trouvaient cela plus intéressant d'aborder une notion complexe du programme par l'histoire. Toutefois, on peut penser que leur investissement durant ces deux séances démontre leur appétit pour la thématique abordée.

J'aurais également aimé avoir le temps de mettre en place les séances pour les CE2 car ce sujet peut porter à cœur et reste toujours à développer. Dans la perspective où j'obtiendrais le CRPE, et si j'étais amené à avoir une classe de CE2 dans ma carrière, je mettrais cette séquence en place pour aborder la partie du programme « Le ciel et la Terre ». Si cette séquence s'avère confirmer mon idée, on pourrait généraliser ce concept à toutes les notions complexes à aborder en sciences et se demander si l'on peut partir de l'histoire de sciences pour aborder de telles notions.

Annexes

Annexe 1 : Fiche de préparation : Représentations d'élèves de CP

Séquence Découverte du Monde-Espace

SEANCE 1 : Les représentations de l'Univers

Date : 29/01/2013 - Durée de la séance : 45-50 min- Niveau : CP

Objectif :

-Représenter ce que l'on s'imagine

Compétences :

- Commenter son dessin

- Se poser des questions

Matériel :

Feuille A4, Feutres/ crayons de couleurs/ feutres

Déroulement :

- 1) Consigne : Dessiner en répondant à la question suivante :
« Comment cela fonctionne-t-il dans le ciel selon vous ? » (35min)
- 2) Leur donner quelques mots clefs pour les aider au bout de 10min : Soleil, Terre, Lune, Planètes, Espace, Etoiles
- 3) Commenter son dessin individuellement par écrit en dictée à l'adulte, en passant auprès de chaque élève
- 4) Fin séance : Des volontaires peuvent venir exposer (10min)

Annexe 2 : Les fiches de préparation

Sciences Expérimentales et Technologie

Séquence : Le Ciel et la Terre

Programme du cycle des approfondissements :

- Le mouvement de la Terre (et des planètes) autour du Soleil, la rotation de la Terre sur elle-même ; la durée du jour et son changement au cours des saisons.

Séance 1 : Le mouvement apparent du soleil

- Comprendre que la Terre tourne sur elle-même (déplacement de l'ombre)
- *La Terre tourne autour du soleil*

Séance 2 : L'alternance jour/nuit

- Observer l'éclairement d'une lampe sur le globe (ainsi que l'ombre pour la nuit)
- Comprendre que la Terre tourne sur elle-même en 24h

Séance 3 : La durée du jour

- Observer le calendrier des heures de lever et coucher du soleil
- Tracer un graphique pour observer le jour et la nuit
- Noter le jour le plus long : solstice d'été le 22 juin et le jour le plus court : solstice d'hivers le 20 décembre
- Noter les jours où la durée du jour et de la nuit est égale : équinoxe de printemps et d'automne

Séance 4 : Les saisons

- Comprendre le principe des saisons grâce au mouvement de révolution de la Terre autour du Soleil
- Découvrir l'inclinaison et la fixité de l'axe de rotation terrestre
- Expliquer les saisons à l'Equateur et aux Pôles

Séance 5 : Les fuseaux horaires

- Observer les fuseaux horaires dans le monde à l'aide du globe et de la lampe
- Comprendre que vue au-dessus du pôle nord, la Terre tourne dans le sens inverse des aiguilles d'une montre

Séance 6 : Le système solaire et l'univers

- Connaître les planètes du système solaire
- Connaître le vocabulaire important de l'univers (étoiles, astéroïdes, météorites, ...)

Sciences : LE CIEL ET LA TERRE		
Séance n°1 : Le mouvement apparent du soleil	Classe : CM2	Durée : 50 min
<u>Objectifs :</u> - Emettre des hypothèses et les vérifier avec l'aide de support (relevé d'ombres) - Déterminer le mouvement du soleil - Observer le globe pour comprendre l'alternance jour/nuit		
<u>Compétences visées :</u> - Avoir compris et retenir le mouvement apparent du soleil - Comprendre les conséquences du mouvement apparent du soleil : La Terre tourne sur elle-même en 24h et l'alternance entre le jour et la nuit		
<u>Matériel :</u> Gnomon/résultat du relevé des ombres du soleil (sur livre p134)/globe/lampe		
Modalités pédagogiques	Activité de l'enseignant	Activité de l'élève
Collectif 10'	- Introduction : séquence ciel et terre - Est-ce que vous savez comment se déplace le soleil ? <i>Il se lève à l'est et se couche à l'ouest</i> - Comment être sûr de votre réponse ? Proposez une expérience. <i>Regarder où il se lève et où il se couche en utilisant une boussole.</i> - Entre le matin et le soir, où se trouve le soleil ? <i>Au sud</i> - Comment pourrait-on connaître la trajectoire du soleil ? <i>En représentant les ombres d'un gnomon sur le sol à plusieurs heures de la journée.</i>	- Réponses des élèves - Réflexion sur l'expérience - Hypothèses des élèves - Réflexion sur l'expérience
Collectif 5'	- Montrer le résultat des ombres du gnomon par rapport aux heures - Expliquer la trace de l'ombre prise à différentes heures de la journée	
Binôme 10'	- Ecrire au tableau les questions auxquelles ils doivent répondre en analysant le relevé : Où se lève le soleil ? <i>A l'est</i> Où se couche le soleil ? <i>A l'ouest</i> Où est-il midi ? <i>Au sud</i> Pourquoi la taille des ombres est différente ? <i>L'ombre est plus courte à midi car c'est le moment où le soleil est le plus haut dans le ciel.</i> Essayez de dessiner le mouvement du soleil.	- Ils écrivent les réponses et donnent des explications sur leur cahier de brouillon
Collectif 10'	- Correction et explication si nécessaire pour ceux qui n'ont pas compris - Que peut-on conclure sur le mouvement du soleil ? <i>La terre tourne sur elle-même, c'est la rotation.</i>	- Vérification des réponses avec explications - Réponses des élèves

Collectif 10'	-Montrer la rotation de la terre grâce au globe - Que peut-on observer ? <i>La moitié de la terre est éclairée et l'autre moitié ne l'est pas</i> - De quel phénomène s'agit-il ? <i>De l'alternance du jour et de la nuit</i> - Combien de temps dure une journée ? <i>24h</i> - Que peut-on en déduire sur la rotation de la Terre ? <i>La Terre tourne sur elle-même en 24h</i>	-Observations des élèves -Réponses des élèves -Réflexion des élèves (entre journée et rotation)
Collectif 5'	-Distribution de résumé à trous pour la trace écrite	-Remplissage des trous à l'oral

Trace écrite :

Au cours d'une journée, le **soleil** n'est pas toujours au même endroit. Il décrit une courbe d'**est** en **ouest** passant par le **sud**.

Lorsque le soleil se déplace dans le ciel, l'**ombre** des objets qu'il éclaire se déplace :

Le **matin**, l'ombre se projette vers l'ouest : le soleil se trouve vers l'**est**.

Le soir, l'ombre se projette vers l'**est** : le soleil se trouve vers l'ouest.

Lorsque l'ombre est la plus **courte** et dirigée vers le **nord**, il est midi solaire (14h l'été et 13h l'hiver).

A cet instant le soleil se trouve au plus **haut** de sa trajectoire.

La Terre tourne sur elle-même, on parle de la **rotation** de la Terre.

Elle effectue un tour complet en **24h**, c'est la durée d'une **journée**.

Le soleil éclaire en permanence une moitié de la **Terre**.

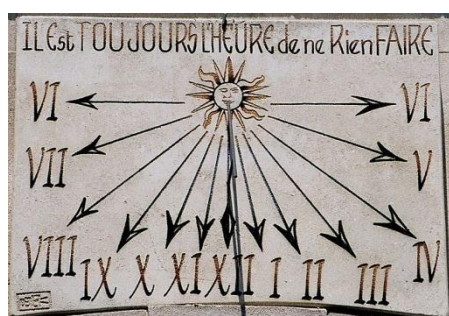
Dans la partie éclairée il fait **jour** et dans la partie sombre il fait **nuit**.

Comme la Terre **tourne** sur elle-même, l'endroit où l'on habite passe tour à tour dans la lumière et l'ombre : c'est l'alternance jour-nuit.

Idée supplémentaire :

- Rappeler la fonction du cadran solaire

Cadran solaire : instrument silencieux et immobile qui indique le temps solaire par le déplacement de l'ombre d'un objet vertical (gnomon) sur une surface, la table du cadran. Sur cette table se trouve un ensemble de graduations tracées qui permettent de savoir l'heure qu'il est.



Sciences : LE CIEL ET LA TERRE		
Séance n°2 : La durée du jour	Classe : CM2	Durée : 45 min
<u>Objectifs :</u> - Analyser et calculer la durée des journées à partir d'un calendrier - Tracer un graphique à partir de ces données - En déduire les notions de solstice et d'équinoxe		
<u>Compétences visées :</u> - Avoir compris et retenir que la durée des jours et des nuits varie en fil de l'année - Savoir utiliser le lexique : solstice et équinoxe - Comprendre que la durée des journées est due à l'axe incliné de la Terre		
<u>Matériel :</u> Calendrier des postes/fiche élève (échelle, graphique, tableau)/fiche récapitulative (leçon)		
Modalités pédagogiques	Activité de l'enseignant	Activité de l'élève
Collectif 5'	-Demander ce qu'ils se rappellent sur la séance précédente	- Réponses attendues : L' ombre que l'on voit montre où se trouve le soleil / Le soleil décrit une trajectoire d'est en ouest en passant par le sud / Rotation de la Terre en 24h (=journée) / Alternance jour/nuit
Binôme 5'	- Comment varie la durée des journées au fil de l'année ? Questions au tableau : En hiver, les journées sont-elles plus courtes ou plus longues que les nuits ? En été, les journées allongent-elles ou diminuent-elles ? Quelle est la date de la journée la plus courte de l'année ? Y a-t-il une date où la journée dure aussi longtemps que la nuit ? Pour ceux qui sont en avance : Comment le vérifier ? Avec un calendrier de lever et coucher du soleil	- Hypothèse des élèves sur leur cahier
Binôme 10'	-Distribuer le calendrier et la fiche élève (échelle, diagramme, tableau) -Demander de surligner les données nécessaires -Lire quelques heures et expliquer le fonctionnement de l'échelle pour le calcul (exemple au tableau) -Mise en commun de la durée des journées	-Surligner tous les 21 du mois -Relever, calculer et noter la durée des journées -Vérifier et Corriger leurs durées
Individuel 10'	- Expliquer comment représenter la durée sur le diagramme par rapport à l'échelle (exemple au tableau)	- Représenter les durées des journées sur le diagramme
Collectif 5'		-Représentation des mois au tableau (1 mois par élève)
Binôme 5'	-Expliquer le tableau sous le diagramme - Correction collective du tableau +	-Cocher les cases du tableau là où il faut

	explications	
Collectif 5'	-Distribuer les résumés à trous	-Remplissage des trous à l'oral
Collectif 5'	-Expliquer que ceci est dû à l'axe de rotation de la Terre qui est incliné et qui garde toujours la même direction (préciser que nous étudierons et expliquerons plus en détail lors de la prochaine séance)	

Trace écrite :

En été, le soleil se lève **tôt** le matin et se couche **tard** le soir.

En revanche, en **hiver**, il fait jour plus tard le **matin** et le soleil se couche tôt le **soir**.

Les journées ont donc des durées **différentes**.

Cependant, deux fois dans l'année, la journée et la nuit ont la même **durée** : c'est l'**équinoxe** de printemps vers le 21 **mars** et l'équinoxe d'**automne** vers le 21 **septembre**.

La journée la plus **longue** est celle du solstice d'**été** vers le 21 **juin** : la trajectoire du Soleil est la plus longue.

La journée la plus courte est celle du **solstice** d'hiver, vers le 21 **décembre** : la trajectoire du Soleil est la plus **courte**.

Les journées et les nuits ont généralement des durées différentes parce que l'**axe** de rotation de la Terre est **incliné** et garde toujours la même **direction**.

Sciences : LE CIEL ET LA TERRE		
Séance n°3 : Le cycle des saisons	Classe : CM2	Durée : 45 min
Objectifs : - Rappeler le mouvement de révolution de la Terre autour du Soleil - Faire comprendre le principe des saisons par rapport à l'inclinaison et à la fixité de l'axe de rotation terrestre		
Compétences visées : - Avoir compris et retenir que la Terre est inclinée et que son axe de rotation est fixe - Etre capable de mettre en relation les saisons avec l'inclinaison de l'axe des pôles		
Matériel : globe/lampe/vidéo projecteur/ordinateur (internet)		
Modalités pédagogiques	Activité de l'enseignant	Activité de l'élève
Collectif 5'	-Demander ce qu'ils se rappellent sur la séance précédente	- Réponses attendues : Equinoxe d'automne et de printemps / Solstice d'été et d'hiver / Longueur des journées / Axe de rotation incliné dans la même direction
Binôme 5'	-Pourquoi y a-t-il des saisons ?	-Hypothèses des élèves : La Terre tourne autour du Soleil / L'été, la Terre se rapproche du soleil, donc il fait plus chaud et l'hiver, elle s'éloigne / Trajectoire ovale
Collectif 5'	-Mise en commun des hypothèses -Expliquer en dessinant au tableau	

	que si la trajectoire du Soleil est ovale, quand la Terre est proche du soleil, c'est l'été dans tous les pays du monde et qu'il y a 2 hivers et 2 été (c'est faux) -Expliquer qu'en réalité, la trajectoire de la Terre est circulaire	
Binôme et Collectif 10'	-Demander aux élèves de rechercher pourquoi il y a une alternance des saisons -Rappeler au fur et à mesure suivant l'avancement des recherches que la Terre tourne sur elle-même en 24h et que son axe de rotation est toujours incliné dans la même direction	-Hypothèses des élèves par dessin et à l'oral sur leur cahier de brouillon -Enoncer au fur et à mesure plusieurs théories et analyser si elles sont possibles
Collectif 10'	- (Mise en commun des hypothèses) - Expliquer la nécessité de l'inclinaison de l'axe des pôles sur le globe et au tableau (si l'axe est vertical, la durée de la journée est égale à celle de la nuit) -Montrer la vidéo de C'est pas sorcier (les saisons sur You Tube, durée : 1'31'') pour comprendre les saisons -Réexpliquer au tableau avec différentes images	
Binôme 10'	-Distribuer un schéma de la révolution de la Terre à remplir pour voir s'ils ont bien compris -Devinette de l'extraterrestre	-Remplir les légendes du schéma -Réponses des élèves
Collectif 5'	-Corriger les exercices à l'oral - Expliquer par rapport à la devinette qu'il n'y a des saisons qu'au niveau des tropiques / Aux pôles, il fait nuit 6 mois et il fait jour pendant 6 mois après / A l'équateur, les journées durent aussi longtemps que les nuits	
Collectif 5'	-Distribuer les résumés à trous	-Remplissage des trous à l'oral

Petite devinette :

Un extraterrestre arrive sur Terre et demande :

« C'est comment la vie ici ?

- Simple, dit le premier homme ! Il fait nuit 6 mois, la plupart des animaux dorment. Puis le jour se lève, il fait doux. Les animaux sortent, les plantes naissent par millions. Et 6 mois plus tard, la nuit revient.

- Chez moi, dit le deuxième, le jour et la nuit durent 12 heures. Toute l'année, c'est pareil. Juste une petite pluie en fin d'après-midi. Monotone !

-Ca dépend, dit un troisième ! L'été, il fait chaud. En automne, les arbres perdent leurs feuilles.

L'hiver, il fait froid. Alors qu'au printemps, il fait beau. Bref, il y a des saisons. »

L'extraterrestre ne comprend rien et repart dans l'espace.

Où habitaient les hommes qu'il a rencontrés ?

Trace écrite :

La Terre tourne autour du soleil en **365** jours : on parle de la **révolution** de la Terre autour du Soleil. L'été, l'hémisphère Nord est incliné vers le soleil. Dans cet hémisphère, le soleil passe alors très **haut** dans le ciel et ses rayons sont proches de la **verticale** ; il y fait donc plus chaud et les journées sont plus **longues** que les nuits. En même temps, c'est l'hiver dans l'hémisphère **Sud**.

Six mois plus tard, la terre se trouve de l'autre côté du soleil. Comme son axe garde la même **direction**, l'hémisphère sud est à son tour **incliné** vers le soleil. Dans cet hémisphère c'est l'**été**.

Nous sommes alors en hiver dans l'hémisphère **nord**. Le soleil passe très **bas** dans le ciel : il fait froid, les journées sont plus **courtes** que les nuits. Entre ces deux saisons, lors des équinoxes de printemps et d'automne, les nuits et les journées ont la **même** durée.

C'est donc la révolution de la Terre autour du **Soleil** et l'inclinaison de l'axe qui expliquent la succession des saisons. Cependant, certaines parties du globe ne possèdent pas de saisons aussi marquées. A l'**équateur**, le jour est égal à la nuit toute l'année et il fait toujours chaud.

Aux **pôles**, 6 mois de jour succèdent à 6 mois de nuit, il fait toujours froid.

Sciences : LE CIEL ET LA TERRE		
Séance n°4 : Le système solaire et l'univers	Classe : CM2	Durée : 45 min
<u>Objectifs :</u> - Rechercher des informations sur internet - Interpréter les mouvements des « objets » du système solaire par le concept de gravitation		
<u>Compétences visées :</u> - Connaître l'ordre des planètes du système solaire par rapport au Soleil - Comprendre le phénomène de gravitation grâce au mouvement des « objets » du système solaire - Connaître le vocabulaire important de l'univers (étoiles, galaxies, astéroïdes, météorites...)		
<u>Matériel :</u> Salle informatique (ordinateur avec connexion internet) / vidéo projecteur / Elève : cahier de brouillon + trousse		
Modalités pédagogiques	Activité de l'enseignant	Activité de l'élève
Collectif 5'	- Demander ce qu'ils se rappellent de la séance précédente (très rapide)	-Réponses attendues : Révolution de la Terre / Saisons dues à l' inclinaison de l'axe de la Terre/ Eté , hémisphère nord incliné vers le soleil ; soleil haut dans ciel et rayons verticaux / Hiver , hémisphère sud : soleil bas et rayons inclinés / Equateur : jour = nuit / Pôles : 6 mois jour ; 6 mois nuit
Collectif 5'	- Que savez-vous sur le système solaire ? Qu'est-ce que c'est ?	- Réponses attendues : Planètes qui tournent autour du Soleil / Etoiles / Galaxies / Météorites / Astéroïdes ...

Binôme ou trinôme 10'	<ul style="list-style-type: none"> - Demander comment pourrait-on retrouver le nombre de planètes et l'ordre dans lequel elles se trouvent. - Recherche sur internet (taper « planète » sur Google et sélectionner le 1^{er} site : wikipédia) - En restant sur la même page, répondre aux questions 	<ul style="list-style-type: none"> - Réponse attendue : utiliser internet -Note sur leur cahier de brouillon l'ordre des planètes (la plus proche du soleil ... la plus éloignée) - Répondre aux questions (planètes telluriques et planètes gazeuses)
Collectif 10'	<ul style="list-style-type: none"> - Historique rapide (téléscope) -Mise en commun des réponses (Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune) -Montrer les planètes sur un diaporama en décrivant rapidement chaque planète - Montrer la ceinture d'Astéroïdes, la ceinture de Kuiper et expliquer les planètes naines (Pluton) 	
Binôme ou trinôme 10'	<ul style="list-style-type: none"> -Demander ce qu'ils connaissent comme vocabulaire dans le système solaire et l'Univers - Demander de relier les définitions aux mots du système solaire sur la fiche (en tapant le mot dans Google si besoin) - Corriger au fur et à mesure de l'avancement des élèves 	<ul style="list-style-type: none"> -Noter les mots au tableau -Relier les définitions au crayon de papier (étoiles, galaxies, planètes, astéroïdes, météorites, comètes)
Collectif 5'	<ul style="list-style-type: none"> -Montrer sur diaporama une image correspondant à chaque mot et expliquer certain phénomène (gravitation...) 	
Collectif 5'	<ul style="list-style-type: none"> -Distribuer une fiche récapitulative avec l'ordre des planètes, leurs principales caractéristiques ?? -Donner la phrase mnémotechnique : <i>Mon Vaisseau Te Mènera Jeudi Sur Une Nouvelle Planète !</i> Ou <i>Marie, Viendras-Tu Manger Jeudi Sur Une Nappe Propre ?</i> 	

Trace écrite :

L'Univers est composé de **galaxies** et notre galaxie s'appelle la **Voie Lactée**.

La nuit, des milliers d'**étoiles** scintillent dans le ciel. Le **soleil** est notre étoile, elle est vieille de 5 milliards d'années. Autour du soleil gravitent 8 **planètes** : Mercure, Vénus, **Terre**, Mars, Jupiter, Saturne, **Uranus** et Neptune. Les planètes sont éclairées par le Soleil et elles nous renvoient une partie de cette lumière. Comme elles brillent dans le ciel, on pourrait les confondre avec les **étoiles**. Mais contrairement aux planètes qui se déplacent, les étoiles restent toujours à la **même** place.

Fin de séance :

- Ajouter 365 jours + $\frac{1}{4}$ d'un jour (ou 6h) pour la révolution de la Terre autour du Soleil.
- Vérifier toutes les fiches dans le classeur de sciences (ainsi que ceux des absents).
- Préciser qu'il y aura une évaluation le vendredi 15 mars à la rentrée sur les 4 séances du Ciel et de la Terre

Annexe 3 : Mes fiches de préparation

Sciences : Histoire de l'astronomie

Séance n°1 : Initiation au système géocentrique

Classe : CM2

Durée : 1h10

Objectif : - Tenter d'expliquer le système géocentrique avec des données et des contraintes

Compétences : -Agir en groupe

- Savoir formuler des hypothèses

- Confronter son point de vue à celui des autres

Matériel : Maquette, feuilles grand format pour les affiches

Modalités pédagogiques	Activité de l'enseignant	Activité de l'élève
Collectif 5'	Demander ce dont ils se rappellent sur les séances de sciences : le ciel et la Terre avec étudiante M2	Réponses attendues : Rotation Terre en 24h/ Alternance jour/nuit/ Equinoxe/ Solstice/ Axe de rotation incliné dans même direction/ Révolution Terre/ Saisons...
Collectif 5'	Expliquer que ce que l'on sait aujourd'hui n'est pas arrivé comme cela et qu'il a fallu des siècles avant que le « bon système » soit adopté par tout le monde. Parler d'Aristote, Ptolémée qui croyaient en le système géocentrique.	
Par groupe de 3 15'	Donner consigne : Retrouver comment Aristote et Ptolémée imaginaient leur système. Contraintes : Ce système doit comporter la Terre au centre de l'univers, elle n'est pas inclinée et elle est fixe. Préciser : Attention vos hypothèses doivent vérifier le phénomène jour/nuit et tenter d'expliquer les saisons...	Réfléchir sur ce système. Réponses attendues : Soleil tourne autour de la Terre en 24h, ceci expliquerait bien la succession du jour et de la nuit. Sa trajectoire varie au cours de l'année pour expliquer les saisons. Les élèves peuvent aller manipuler les maquettes au fond de la classe (divers éléments seront à leur disposition : planètes, la Lune et le Soleil) pour visualiser un peu mieux les choses.
Par groupe de 3 10'		Ils confrontent leurs idées au sein du groupe et une fois d'accord, ils rédigent leur hypothèse sur une affiche
30'		Présentation orale par un élève de chacun des groupes
5'	Suivant les différentes hypothèses émises valider ou non le fonctionnement du système géocentrique selon Ptolémée	

Sciences : Histoire de l'astronomie

Séance n°2 : A la recherche de l'histoire astronomique

Classe : CM2

Durée : 1h10

Objectif : - Connaître d'anciens personnages et leur théorie

Compétences : -Agir en groupe

-Savoir trouver des renseignements sur internet

Matériel : questionnaire, crayon

Modalités pédagogiques	Activité de l'enseignant	Activité de l'élève
Collectif 5'	Retour sur la séance précédente	Réponses attendues : Système géocentrique : Soleil tourne autour de la Terre en 24h, ceci expliquerait le phénomène jour/nuit. Sa trajectoire varie au cours de l'année pour expliquer les saisons. Noms de savants : Aristote, Ptolémée...
Par groupe de 2 ou 3 sur 1 poste 45'	Consigne : répondre au questionnaire correction	Les élèves cherchent les réponses aux questions sur internet et répondent directement sur le questionnaire
Collectif 10'	Correction	

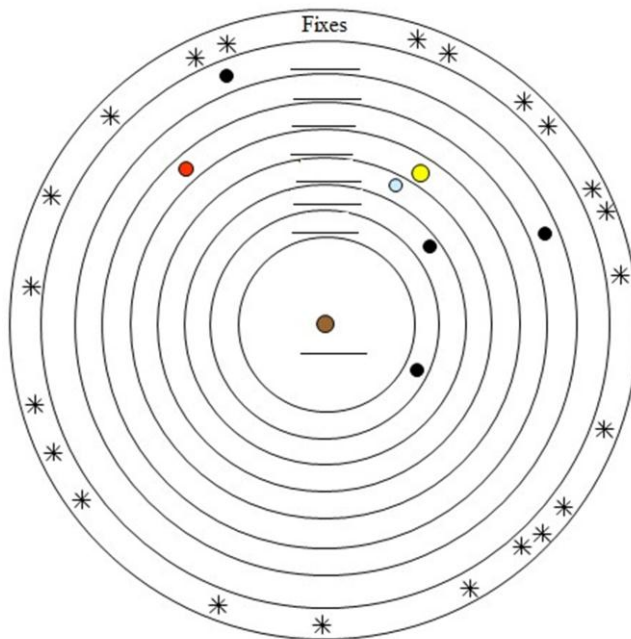
Questionnaire

- 1) Quel est le nom de l'auteur du *Traité du ciel* et à quelle époque a-t-il vécu ?

.....

.....

- 2) Complétez ce schéma du système géocentrique.



- 3) Comment les Anciens expliquaient-ils le phénomène jour/nuit étant donné que la Terre était fixe et non inclinée au centre de l'univers ?

.....

.....

- 4) Comment expliquaient-ils les saisons ?

.....

.....

- 5) Quel est le nom de l'auteur de *L'Almageste* et à quel siècle a-t-il vécu ?

.....

.....

- 6) Quel personnage a été le premier à remettre en question ce système ?

.....

.....

7) Donnez les dates et le siècle de ce personnage.

.....

.....

8) Quel est son ouvrage le plus célèbre ?

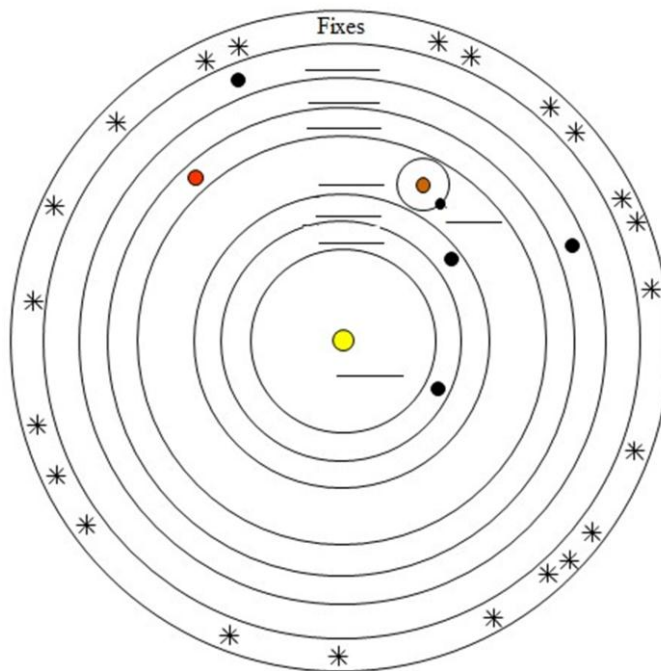
.....

.....

9) Comment appelle-t-on alors ce nouveau système ?

.....

10) Compléter ce schéma du nouveau système.



11) Galilée a vécu de :

- ☐ 1610 à 1662
- ☐ 1564 à 1642
- ☐ 1462 à 1524

12) Il a écrit : (Cochez la ou les bonnes réponses)

- ☐ *Le messager des étoiles*
- ☐ *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*
- ☐ *Astromia Nova*
- ☐ *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde*
- ☐ *Discours sur deux sciences nouvelles*
- ☐ *Composition mathématique*

13) Galilée a inventé un objet qui lui a beaucoup servi pour prouver la nouvelle théorie. Quel était-il ?

.....
.....

14) Qu'a-t-il observé/découvert grâce à cet objet ? (Cochez la ou les bonnes réponses)

- ☐ La surface de la Lune avec des cratères et des montagnes
- ☐ Dans le ciel il y a beaucoup plus d'étoiles que ce que l'on peut voir à l'œil nu
- ☐ Les satellites de Jupiter
- ☐ Les différentes phases de Vénus : tantôt pleine, tantôt croissante

15) Donnez la date du procès de Galilée. Pourquoi a-t-il échappé au bûcher ?

.....
.....

16) Tapez dans la barre Google : « première loi de Kepler », puis complétez ceci :

Les planètes tournent autour du soleil sur des orbites et non pas circulaires.

17) Comment Giordano Bruno (1548-1600) est-il mort et pourquoi ?

.....
.....

18) Quelle était la Théorie de Tycho Brahe (1546-1601) ? (Vous pouvez réaliser un schéma)

.....
.....

Annexe 4

Séance 1

Transcription de la séance 1 du 28 juin 2013 Classe CM2 Sablé-sur-Sarthe

Conventions de la transcription :

-Les prises de parole sont numérotées

-Les locuteurs sont désignés par des lettres, pour les élèves, par « Elodie », pour la maîtresse de la classe.

-Les points de suspension indiquent une légère pause dans le flux verbal

*Enregistrement pendant la phase de recherche de la séance 1

N°	Loc.	Interventions
1	A	Mais comment ils auraient pu voir les autres planètes s'ils n'avaient pas de fusée à l'époque ? En avion tu les vois pas les planètes hein ! Y avait pas d'avion.
2	B	Dans le système géocentrique ils n'avaient pas de matériel solaire
3	A	Vu de la Terre, eux, vu qu'il y a des planètes tout autour de nous, ils ont pensé (...) vu que eux ils sont sur la Terre et qu'ils ont vu nous on a une planète, nous derrière nous on a des planètes, et du coup vu qu'on en a devant, sur les côtés et derrière, ils ont pensé qu'on était derrière, (...) qu'on était au centre j'veux dire
4	B	Bah vas-y montre ton explication
5	A	Bah si tu veux, eux ils étaient sur la Terre, y avait le soleil y avait les autres planètes, y avait mercure, tout autour je sais pas où elles sont vraiment placées, un peu partout, derrière aussi y en avait, et du coup eux vu de la Terre, de derrière et tout ça, il y avait des planètes partout donc ils se sont dit vu qu'il y a des planètes partout on est au centre
6	B	Nan mais comment tu veux expliquer le phénomène des saisons ?
7	A	Nan mais y a déjà l'explication pourquoi ils pensent qu'ils étaient au centre, déjà on a ça. On a l'effet jour/nuit et y a plus que les saisons...
8	B	Où alors peut-être qu'il n'y avait pas forcément beaucoup de saisons.
9	A	Vu qu'en réalité, il y avait forcément des saisons vu que de toute façon c'était pas comme ça dans la vraie vie, en vrai
10	B	En fait c'était comme nous quoi il y avait l'été, l'hiver, le printemps et l'automne
11	A	Ca a toujours été le soleil au centre et les autres planètes autour, c'était eux soit disant les savants ils avaient tout trouvé et puis voilà mais en réalité y avait le soleil au centre et puis le reste autour, donc euh en fait les planètes elles s'expliquent par le fait, euh les saisons s'expliquent par le fait que ça n'a jamais été la Terre au centre
12	C	La on dit que c'est le Terre, là ça c'est le soleil, y a deux autres planètes, je vois pas comment on peut faire

13	B	Ils avaient peut-être pas trouvé les saisons
14	A	Nan mais les saisons évidemment qu'il y en avait puisque c'était comme aujourd'hui, donc en fait y a pas d'explication à leur histoire
15	C	La on dit que c'est la Terre, là c'est le soleil, y a deux planètes avant la Terre
16	D	Mais ca se trouve c'était pas comme ca
17	C	Ca c'est Vénus et ca c'est Mars
18	B	En gros, eux ils voyaient tout ça
19	A	Et il y en avait trois de chaque côté
20	B	Celle là elle est assez chaude quand même pour les éclairer et y a aussi ça, sauf que celle là elle tourne autour du soleil
21	A	Bah toutes, elles tournent toutes autour du soleil
22	B	Bah voilà c'est ça le problème
23	C	Celle la elle était froide
24	B	Mais on s'en fou qu'elle soit froide (...) Comment on peut expliquer les saisons si la Terre elle bouge pas, toutes les autres elles bougent, bah alors elles bougent peut être pas en même temps, celle là elle prend plus de temps quoi
25	A	Attend parce que elle elle tourne déjà sur elle-même et en plus elle a ses anneaux autour, donc elle prend peut être plus de temps
26	B	Nan mais c'est parce que elle est plus loin du soleil
27	A	Moi je pense que les saisons en fait il y en avait mais il n'y a pas d'explications, parce que en fait les savants ils pensaient que c'était ca mais ca n'a jamais été le cas, le soleil a toujours été au centre ca n'a pas bougé, c'est pas en fonction des paroles des gens que le système solaire a bougé et s'est créé
28	B	Je vois pas comment expliquer les saisons. Ou alors ils pensaient, regarde, quand celle-là elle passait devant comme elle prenait moins de temps que les autres, elle passait en première et là c'était l'hiver, vu qu'il faisait plus froid, enfin c'est ce qu'ils pensaient, vu que elle cache un peu le soleil, après quand c'était là bah il cache pas en fait, nan vu qu'elles sont plus hautes
29	A	Nan mais justement vu que la planète là il n'y en a qu'une, elle est petite et en plus la Terre, celle-là elle est plus haute et la terre elle est plus basse, là c'était l'été. (...)
	Un peu plus tard...	
30	A	(...) Ils étaient au 4-6 siècle avant Jésus-Christ (...) ils avaient quand même des longues-vues mais tu vois pas très bien(...) ils n'avaient pas encore tout ce qu'il fallait pour trouver vraiment la vérité
31	B	Ils savaient déjà qu'il y avait un soleil parce qu'ils le voyaient
32	C	Ils croyaient que la Terre elle était toute plate comme ca et qu'il y avait soleil, enfin nan mais ca c'était encore avant, y'avait un gros carré comme ca, fin nan y avait toute la Terre ca faisait à moitié comme un planisphère et après l'eau elle s'écoulait comme ça.
33	A	En fait je me suis toujours posé la question quand j'étais petite, la Terre elle est ronde et il y a de l'eau qui tient, ca m'a toujours fait bizarre quand j'étais petite, puis en fait nan avec la gravité...
34	B	Ouais voilà
35	A	Mais quand j'étais petite j'arrêtais pas de poser la question à ma mère, mais maman comment ca se fait que l'eau de la mer elle tombe

		pas parce que la Terre elle est ronde l'eau elle devrait couler, elle dit olala tu comprendras quand tu seras plus grande,(...) mais ca y est j'ai compris !
36	B	Et même je me demandais pourquoi on tombe pas sur la Lune ?
37	A	Ouais mais même pourquoi toi tu tombes pas ? Fin je sais pas
38	B	Oui parce que la France elle est penchée

Autre groupe

N°	Loc.	Interventions
1	E	Donc en gros ça fait pour eux la Terre ne bouge pas, elle n'est pas inclinée, elle est droite, en gros c'est le soleil qui tourne autour des planètes ou de la planète je sais pas.
2	F	En gros ça c'est aujourd'hui, elle où la Terre
3	G	Là ils avaient dit que la Terre elle était au centre, et la Terre déjà elle est inclinée
4	F	On réfléchit pour les saisons
5	G	Bah les saisons à mon avis ca serait... Déjà c'est pas le soleil qui tourne (...)
6	Elodie	Alors du coup vous vous en sortez ?
7	G	Bah on essaye, mais on trouve pas les saisons comment ça marche ?
8	F	Mais si le soleil il est là par exemple là c'est en hiver, la France elle est là, la Terre est inclinée
9	Elodie	Nan dans le système géocentrique elle ne bouge pas, elle n'est pas inclinée, elle est fixe au centre. D'accord ?
10	F	C'est-à-dire que là elle est comme ca ?
11	G	C'est laquelle la Terre ?
12	F	Et du coup je voulais vous demander pour Uranus, Saturne, et Neptune Pluton y avait pas ?
13	Elodie	Il n'y avait pas Pluton, pas Neptune et il n'y avait pas Uranus mais il y avait Jupiter et Saturne.

Autre groupe

1	H	(...)Bon alors là on a la Terre, le Soleil il tourne il tourne
2	I	Regarde ça fait comme ca
3	H	Imaginons nous on est là, nous on est éclairé et ...

*Lors de l'explication

N°	Loc.	Interventions
1	Elève	Mais c'est pas possible !
2	Elodie	Pourquoi ?
3	Elève	Bah parce que le soleil il bouge pas
4	Elodie	Nan mais ça c'est ce que tu sais maintenant mais à l'époque ils ne savaient pas que le soleil il ne bougeait pas donc ils cherchaient une explication. Ça vous semble logique ou pas ?
5	Elève	Oui
6	Elève	Non pas trop...
7	Elève	Bah si ça marchait hein !
8	Elodie	Bah oui et puis quand on regarde le ciel, vous voyez quoi bouger ? Vous sentez que vous bougez vous ? Vous sentez la Terre bouger ?
9	Elève	Nan, heureusement !
10	Elève	Bah oui quand on regarde les nuages !
11	Elodie	Oui mais tu te vois pas bouger toi !
12	Elève	Et les autres planètes ça se passait comment ?
13	Elodie	Elodie réalise un schéma au tableau (voir figure 1 : La représentation du ciel décrite par Aristote page 6) Toutes les planètes tournaient en 24h autour de la Terre
14	Elève	Je me demande comment Copernic, pourquoi il a voulu chercher puisque tout le monde pensait que c'était comme ça ?
15	Elodie	Ça ne collait pas au niveau des saisons, les durées des saisons n'étaient pas égales or dans ce système elles étaient égales et après c'est Galilée avec sa lunette astronomique qui a vu les choses un peu mieux... Enfin les choses sont beaucoup plus complexes que cela, ils n'arrivaient pas à expliquer beaucoup de choses dans le système géocentriques et qui s'expliquaient beaucoup mieux dans le système de Copernic mais après ce n'est plus de votre niveau...

Annexe 5

Séance 2

Transcription de la séance 2 du 2 juillet 2013

Classe CM2 Sablé-sur-Sarthe

Conventions de la transcription :

-Les prises de parole sont numérotées

-Les locuteurs sont désignés par des lettres, pour les élèves, par « Elodie », pour la maîtresse de la classe.

-Les points de suspension indiquent une légère pause dans le flux verbal

Lors de la phase de recherche (groupe 3)

*Lors de la phase de recherche

N°	Loc.	Interventions
1	A	Mais attends y a combien de planètes ? 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
2	B	Bah déjà la Terre elle est au milieu.
3	A	Déjà oui au milieu c'est la Terre, mets la Le soleil, il est là, c'est le plus proche.
4	B	Et la Lune c'est celle qui est la plus proche ?
5	A	Attends regarde y a Mercure. Là on a la Terre, après y a le soleil et Mercure.
6	B	Le soleil il est où?
7	A	Ah mais attends, ça c'est le système d'aujourd'hui, ça date de 2004 ah bah nan.
8	B	Ca ça pourrait être Mercure, ça Mars, ça le soleil.
9	A	En fait ça va dans l'ordre. Non Mercure, Vénus, Soleil, Mars, Jupiter, Saturne et Uranus et Neptune ils ont pas trouvé.
10	B	Uranus et Neptune ils les avaient pas découverts.
11	A	Oui ça pourrait être ça. Et après y a les étoiles. Faudrait qu'on voie. On sait pas où la Lune elle se trouve.
12	B	La Lune elle se trouve là, c'est ce qu'on disait tout à l'heure
13	A	C'est la plus près non?
14	Elodie	Et bien je sais pas...
15	A	Parce que normalement ça ferait Terre, Lune, Mercure, Vénus, Soleil, Mars, Jupiter et Saturne
16	Elodie	C'est pas mal ça. Clique sur image pour vérifier.
17	A	Celle-là elle est pas mal
18	B	Ah bah oui bah voilà !
19	A	Ah bah c'est ça c'est bon
20	A	Comment les Anciens expliquaient-ils le phénomène Jour/Nuit étant donné que la Terre était fixe et non inclinée au centre de l'univers ? Bah ça on l'a appris. Etant donné que la Terre était fixe et non inclinée. Bah le phénomène jour/nuit se faisait grâce euh... Aristote pensait que

		le phénomène jour/nuit se produisait grâce au soleil qui tournait autour de la Terre. T'es d'accord ?
21	B	Bah attends je lis la question !
22	A	Aristote pensait que le phénomène jour/nuit se produisait grâce au soleil qui tournait autour de la Terre en 24 heures. Après ... Comment expliquaient-ils les saisons ? ... Bah quand le soleil tournait comme ça. Alors comment on explique... bah...
23	B	T'as une idée ?
24	A	Bah ça faisait comme ça mais je sais pas trop comment expliquer.
25	B	Ca faisait un tourbillon
26	A	Le phénomène des saisons se produisait grâce au soleil.
27	B	Qui faisait un tourbillon.
28	A	Ils pensaient que...
29	B	Attends
30	A	Ou au pire sinon, ils pensaient que les saisons se produisaient grâce au soleil qui faisait une spirale autour de la Terre en un an. Ensuite, quel est le nom de l'auteur de l'Almageste et à quel siècle a-t-il vécu? Al ma geste Wikipédia. Ah bah voilà c'est Ptolémée je le savais !
31	B	A quel siècle a-t-il vécu?
32	A	Il a vécu... ah si datant du deuxième siècle. Quel personnage a été le premier à remettre en question ce système ? Bah c'est Copernic ! Ah bah il faut ses dates.
33	B	Il était moche!
34	A	Ouais mais il était intelligent!
35	B	Il est né le 19 février 1473 et il est mort le 24 mai 1543
36	A	Quinzième siècle quoi, enfin il a vécu pendant deux siècles à sa mort c'était le seizième. Quel est son ouvrage le plus célèbre ? DE RE VO LU TIO NI BUS
37	B	Bah il y en a un autre
38	A	Bah c'est le même, il en a fait d'autres mais ça doit être celui-là le plus célèbre. Comment appelle-t-on alors ce nouveau système ? Bah c'est marqué là, le système héliocentrique. Voilà. Alors complète le schéma. Donc là c'est le soleil. Bah attends il y a combien de planètes là 1, 2, 3, 4, 5, 6.
39	B	7
40	A	Nan, 1, 2, 3, 4, 5, 6
41	B	Bah et 7.
42	A	Ah ouais. Bah ça c'est la Terre avec la Lune. Mercure, Vénus, Terre, la Lune. Y a pas Uranus et Saturne. Tu comprends ?
43	B	Là c'est Mars
44	A	Ah ouais c'est Mars
45	B	Après c'est pas Saturne ?
46	A	Nan c'est Jupiter et après c'est Saturne. Et ils ont pas mis Uranus et Neptune ?... Ensuite question 11, Galilée.
47	B	C'est pas compliqué. 1564-1642
48	A	Galilée a inventé un objet qui lui a beaucoup servi pour prouver la

		nouvelle théorie. Quel était-il ? Ah je crois que c'était... C'était la lunette astronomique qu'il a fait !
--	--	--

Lors de la correction

N°	Loc.	Interventions
1	Elodie	Question 10, alors le nouveau système
2	A	Y a le soleil, Mercure, Vénus, la Terre et à côté y a la Lune, Mars, Saturne et Jupiter
3	B et Elodie en même temps	Jupiter et Saturne
4	Elodie	Est-ce qu'il y avait Uranus et Neptune ?
5	Ensemble	Nan
6	C	C'était trop loin
7	Elodie	Oui ils les avaient pas encore découverts, d'accord.
8	Elodie	Alors la date du procès de Galilée ?
9	D	1633
10	Elodie	Oui 1633 et pourquoi il a échappé au bûcher ? Vous avez vu ou pas ?
11	E	C'est laquelle question ?
12	Elodie	C'est la quinzième
13	F	C'est parce qu'il a dit que la Terre était inclinée et elle tournait autour du Soleil
14	Elodie	Oui c'est ce qu'il pensait mais pourquoi il a échappé au bûcher ?
15	G	Bah il s'est mis à genou devant...
16	H	Urbain VII
17	Elodie	Et donc qu'est-ce qu'il s'est passé ?
18	G	Il a soutenu
19	Elodie	Il a soutenu sa théorie ou il a dit euh... Alors s'il l'avait soutenue qu'est-ce qui se serait passé ?
20	I	On n'a pas vu mais peut-être qu'il a dit, qu'il a dit devant le pape, il a dit, euh bah, il a dit tout le contraire de ce qu'il a dit
21	Elodie	Oui c'est exactement ça. Il a renoncé à sa théorie, il a dit bon ok c'est la Terre qui est au centre, et le soleil tourne autour, les autres planètes tournent autour, mais il le pensait pas vraiment mais c'était pour sauver sa vie.
22	J	Mais pourquoi ils se faisaient « bûcher ? »
23	Ensemble	<i>Rires</i>
24	Catherine	C'est pas un verbe !
25	Elodie	Parce que pour l'Eglise c'était la Terre au centre et puis c'était comme ça c'était pas autrement.
26	J	Si on n'était pas d'accord on se faisait...
27	Elodie	Voilà t'avais intérêt d'être d'accord !
28	Ensemble	<i>Rires</i>
29	Catherine	Pour la religion catholique à cette époque-là, l'Homme était forcément au centre de l'univers puisque Dieu l'avait créé comme ça. Dieu avait créé l'Homme d'abord puis tout ce qu'il y avait autour. Donc c'était pas possible que ce soit l'Homme qui tourne autour du reste forcément.

Bibliographie organisée

Découverte

IUFM des Pays de la Loire, Centre Launay Violette Nantes. (1996). *De la Terre à l'Univers*.
Cassette vidéo

SAUZEREAU, O. (2006). *Le ciel étoilé*. Gulf Stream Editeur.

Pédagogique

ASTOLFI, J-P., PETERFALVI, B., & VÉRIN, A. (2006). *Comment les enfants apprennent les sciences ?* Retz

COQUIDÉ-CANTOR, M., & GIORDAN, A. (2002). *L'enseignement scientifique à l'école maternelle*. Delagrave Pédagogie et formation

DE VECCHI, G., & GIORDAN, A. (2002). *L'enseignement scientifique: comment faire pour que « ça marche ? »*. Delagrave Pédagogie et formation

PIAGET, J. (2003). *La représentation du monde chez l'enfant*. Paris : PUF

Historique

CRUZALÈBES, P., FRÆSCHLÉ, M., DE LAVERNY, P., & RABBIA, Y. (2002).
L'astronomie, Tout ce qu'on sait et comment on le sait. (pp.16-23) Paris: De La Martinière
Jeunesse

MAURY, J-P. (1986). *Galilée, le messenger des étoiles*. Découverte Gallimard Sciences

VERDET, J-P. (1990). *Une histoire de l'astronomie*. Editions du Seuil

Les anciennes modélisations de l'univers et les représentations des enfants

Résumé :

L'élève doit être acteur de son apprentissage. Pour cela, il doit prendre du recul sur ce qu'on lui enseigne. J'ai donc voulu démontrer que le fait de passer par l'histoire de l'astronomie l'aiderait à comprendre notre système héliocentrique actuel.

Mots-clefs : **Représentations, Histoire, Géocentrique, Héliocentrique.**

Antic models of the universe and children's representation

Synopsis:

Pupils must become responsible for their own learning. To achieve that goal, they have to put the elements they are taught into perspective. Therefore, I wanted to demonstrate the fact that using the history of astronomy could help them understand our contemporaneous vision of the heliocentric system.

Key-words: **Representation, History, Geocentric, Heliocentric.**